ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ.

ЖУРНАЛЪ,

ИЗДАВАЕМЫЙ

Проф. **П. А. Зиловымъ.**

ТОМЪ ВТОРОЙ

1901 г.

Министерствомъ Народнаго Просвѣщенія журналъ рекомендованъ для фундаментальныхъ и ученическихъ (старшаго возраста) библіотекъ мужскихъ гимназій и реальныхъ училищъ, для фундаментальныхъ библіотекъ женскихъ гимназій и для библіотекъ учительскихъ институтовъ и семинарій.

ВАРШАВА
Типографія Варшавскаго Учебнаго Округа, Краковское Предмѣстье, № 3.
1901.

Дозволено Цензурою,
Варшава, 9 ноября 1901 года.

СОДЕРЖАНІЕ.

Обзоры

Рѣчи и лекціи

Преподаваніе физики

Хроника

ЗАМѢЧЕННЫЯ ОПЕЧАТКИ.

Страница:	*Строка:*	*Напечатано:*	*Должно быть:*
39	12 св.	800	8000
112	18 „	пеплоту	теплоту
„	19 „	работы теплоты	теплоты
123	1 сн.	Masseincheiten	Masseinheiten
225	7 св.	испытываемое	испытываемаго
243	10 „	$(1-x)^{4/3}$	$(1-x)^{3/4}$
253	18 сн.	того	того,

ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1901 г. ТОМЪ 2 No. 1

Столѣтіе метрической системы

Г. Г. Де Метца [1])

„A tous les temps, à tous les peuples".

22 іюня 1899 года исполнилось сто лѣтъ съ того момента, когда метрическая система мѣръ и вѣсовъ была признана французскимъ правительствомъ правоспособною и когда она явилась на смѣну отжившей старой національной французской системы мѣръ. Съ тѣхъ поръ она постепенно проникала въ разныя государства, къ разнымъ народамъ, и нынѣ ею пользуются почти всѣ цивилизованныя націи земного шара. Поэтому въ высшей степени интересно оглянуться назадъ, чтобы прослѣдить за періодомъ созиданія метрической системы и за ея постепеннымъ распространеніемъ въ теченіе истекшихъ ста лѣтъ.

1. *Система измѣреній.* Раньше, чѣмъ приступать къ созиданію какой бы то ни было системы измѣреній, нужно дать себѣ ясный отчетъ въ ея основаніяхъ. Измѣрить какую-либо величину значитъ найти ея отношеніе къ другой ей подобной, принятой за единицу. Отсюда возникаетъ вопросъ: сколько же нужно единицъ для измѣренія разнообразныхъ физическихъ, механическихъ и другихъ величинъ? Казалось бы, что такихъ единицъ должно быть очень много, если судить по разнообразію наблюдаемыхъ явленій. Это, однако, не такъ. Современная научная система измѣреній основана всего на трехъ первичныхъ понятіяхъ: длины, массы и времени, и при помощи этихъ понятій

[1]) Рѣчь, произнесенная 15 декабря 1899 г. въ Кіевскомъ отдѣленіи Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

она уже легко выражаетъ размѣры любой величины. Можно, однако, спросить себя: нельзя-ли измѣнять числа этихъ первичныхъ понятій, играющихъ роль геометрическихъ аксіомъ въ области измѣреній, и почему ихъ столько, а не больше или меньше?

Не входя въ подробности этого интереснаго вопроса, скажемъ только, что мыслимы и другія системы измѣреній съ другимъ числомъ основныхъ единицъ. Возможность осуществленія одной изъ такихъ системъ была высказана В. Томсономъ много лѣтъ тому назадъ, причемъ онъ выбралъ за основныя единицы лишь единицу длины и единицу времени. По этому поводу онъ замѣтилъ, что „одна идея такой возможности полна поучительнаго для науки, хотя до сихъ поръ на это едва обращали вниманіе, въ особенности относительно сокровенныхъ свойствъ матеріи; нужно помнить, что граммъ основанъ на свойствахъ опредѣленнаго тѣла—воды; здѣсь же, не обращаясь ни къ какому особому роду матеріи, но выбирая лишь нѣкоторую опредѣленную длину, отмѣченную на измѣрительной линейкѣ, и единицу времени, мы можемъ взять часть матеріи и сказать какимъ образомъ въ любой точкѣ вселенной можно измѣрить ея массу въ абсолютныхъ единицахъ". Такимъ образомъ можетъ быть нѣсколько системъ измѣреній съ различнымъ числомъ основныхъ единицъ.

2. *Исторія метрической системы.* Общепринятая современная система измѣреній построена на трехъ основныхъ единицахъ длины, массы и времени. Если, однако, подобный выборъ и сдѣланъ въ теоріи, этимъ еще отнюдь ничего не предрѣшено относительно того, какая единица будетъ единицею длины, какая—единицею массы и какая—единицею времени. Вслѣдствіе этого многіе ученые дѣлали различныя предложенія съ цѣлью установить наилучшую систему единицъ. Чаще всего предлагались единицы длины: одни предлагали принять за такую единицу длину секунднаго маятника; другіе—путь, проходимый свободно падающимъ тѣломъ въ первую секунду; третьи — длину свѣтовой волны и т. д. Каждое изъ подобныхъ предложеній имѣло свои достоинства и свои недостатки, а потому ни одно изъ нихъ не встрѣтило всеобщаго признанія и одобренія. Вопросъ оставался, слѣдовательно, открытымъ и терпѣливо ждалъ своего рѣшенія, пока въ концѣ прошлаго вѣка онъ не былъ переданъ оффиціально французскимъ министромъ Талейраномъ на обсужденіе Парижской академіи наукъ. Франція нуждалась тогда въ корен-

ной реорганизаціи своихъ мѣръ, пришедшихъ въ полное разстройство вслѣдствіе историческихъ наслоеній, противорѣчій и несообразностей. Академія охотно откликнулась на этотъ призывъ и 22 августа 1790 г. назначила особую *комиссію мѣръ и вѣсовъ* изъ своихъ членовъ: Борда, Лагранжа, Лапласа, Монжа и Кондорсе, которая и представила ей 19 марта 1791 г. свой мотивированный докладъ. Этой комиссіи было предложено выбрать за единицу длины длину секунднаго маятника на широтѣ 45° или на иной широтѣ, если бы она того пожелала; комиссія, однако, единогласно отвергла это предложеніе, находя, что нѣтъ никакой надобности сдѣлать единицу длины зависимою отъ секунды; поэтому она предложила съ своей стороны принять за единицу длины одну десятимилліонную часть четверти земного меридіана, проходящаго черезъ Дюнкирхенъ, Парижъ и Барселону, и этой единицѣ длины было дано предложенное депутатомъ Пріёромъ названіе *метра*. Въ томъ же докладѣ комиссія настояла на десятичномъ подраздѣленіи новыхъ единицъ [1]), чтобы ихъ логически связать съ десятичною системою нашего ариѳметическаго счета, и разработала основанія для построенія новой единицы массы, получившей наименованіе *килограмма*.

Докладъ комиссіи, одобренный академіею, былъ утвержденъ 26 марта 1791 г. правительствомъ и вмѣстѣ съ тѣмъ было санкціонировано начало измѣреній дуги меридіана между Дюнкирхеномъ и Барселоною, а также и другихъ работъ, связанныхъ со введеніемъ новой системы мѣръ и вѣсовъ. Вслѣдствіе сложности задачи и для лучшаго ея исполненія изъ главной комиссіи мѣръ и вѣсовъ было образовано шесть спеціальныхъ комиссій, причемъ каждая изъ нихъ имѣла уже вполнѣ опредѣленную задачу.

3. *Временныя мѣры.* Комиссіи принялись за свои изслѣдованія съ такою осмотрительностью, точностью и вниманіемъ, какія весьма рѣдко встрѣчались въ работахъ прошлаго вѣка. На однѣ подготовительныя работы и постройку угломѣрныхъ сна-

---

[1]) Десятичное подраздѣленіе единицы длины было впервые предложено въ 1670 г. Габріелемъ Мутономъ; онъ назвалъ миллею минуту градуса меридіана и подраздѣлилъ ее въ десятичномъ порядкѣ на: centuria, decuria, virga, virgula, decima, centesima и millesima. Наименованія, принятыя въ метрической системѣ на основаніи доклада Пріёра въ засѣданіи Конвента 18 жерминаля 3-го года республики, суть слѣдующія:

рядовъ, основныхъ линеекъ и другихъ измѣрительныхъ инструментовъ механикъ Ленуаръ затратилъ около 15 мѣсяцевъ времени. А между тѣмъ правительство горѣло нетерпѣніемъ покончить съ отжившими свое время старыми мѣрами и ввести скорѣе новыя. Та аккуратность и точность, которыя составляютъ неувядаемую славу Французской академіи, были истолкованы какъ неумѣстная задержка и навлекли на академію неудовольствіе правительства, выразившееся въ увольненіи многихъ вліятельнѣйшихъ членовъ комиссіи. При такихъ обстоятельствахъ нужно было торопиться и ввести временныя мѣры—mètre provisoire и kilogramme provisoire, что и было исполнено 7 апрѣля 1795 года.

Такъ какъ къ этому времени дуга меридіана между Дюнкирхеномъ и Барселоною не могла быть окончательно измѣренною, то пришлось обратиться къ соотвѣтственнымъ работамъ прошлаго времени; именно рѣшили воспользоваться градусными измѣреніями, исполненными во Франціи знаменитымъ Ла-Кай (La Caille). Согласно съ его вычисленіями средняя величина градуса

Наименованіе	Значеніе	Наименованіе	Значеніе
Длина		Вѣсъ	
Миріаметръ	10000 метровъ	Миріаграммъ	10000 граммовъ
Километръ	1000 метровъ	Килограммъ	1000 граммовъ
Гектометръ	100 метровъ	Гектограммъ	100 граммовъ
Декаметръ	10 метровъ	Декаграммъ	10 граммовъ
Метръ	1 метръ	Граммъ	1 граммъ
Дециметръ	0·1 метра	Дециграммъ	0·1 грамма
Центиметръ	0·01 метра	Центиграммъ	0·01 грамма
Миллиметръ	0·001 метра	Миллиграммъ	0·001 грамма
Емкость		Площадь	
Килолитръ	1000 литровъ	Гектаръ	10000 кв. метровъ
Гектолитръ	100 литровъ	Аръ	100 кв. метровъ
Декалитръ	10 литровъ	Центиаръ	1 квад. метръ
Литръ	куб. дециметръ	Объемъ	
Децилитръ	0·1 литра	Стеръ	1 куб. метръ
Центилитръ	0·01 литра	Децистеръ	0·1 куб. метра

должна была заключать въ себѣ 57027 туазъ [1]), а слѣдовательно четверть меридіана равнялась 5132430 туазъ, откуда одинъ метръ, какъ одна десятимилліонная четверти меридіана, долженъ быть равенъ 5132430 / 10000000 туазы или 443·443 линіи. Установивъ величину временнаго метра, нужно было создать временный килограммъ; эту работу исполнили знаменитый Лавуазье и Гайи (Haüy), причемъ подъ килограмомъ они разумѣли вѣсъ дистиллированной воды при 0° въ объемѣ одного кубическаго дециметра; вѣсъ временнаго килограмма былъ сравненъ съ среднимъ вѣсомъ марки столба Карла Великаго (marc moyen de la pile de Charlemagne) и оказался равнымъ 18841 грану.

4. *Истинныя и окончательныя мѣры.* Удовлетворивъ настойчивымъ требованіямъ правительства, комиссіи цѣликомъ отдались своей ученой работѣ, за ходомъ которой мы теперь и прослѣдимъ.

Самою важною частью было измѣреніе огромной для того времени дуги меридіана въ 9° 30′. Это было самое большое изслѣдованіе подобнаго рода. Позже его однако превзошли при измѣреніи многихъ дугъ меридіана. Такъ напримѣръ, англофранцузская дуга отъ Laghuat до Shetland протянулась на 22°; русская дуга отъ Дуная до Ледовитаго океана—на 25° и индѣйская дуга—на 21°. Но еще большія дуги были измѣрены по параллелямъ, а именно такъ называемая европейская дуга отъ Валенціи до Омска достигла 52° и американская между обоими океанами 38°. Тѣмъ не менѣе, измѣреніе дуги въ 9° 30′ представляло для своего времени значительныя трудности, и самое предпріятіе академіи выходило изъ рамокъ обычнаго изслѣдованія.

5. *Истинный метръ.* Исполненіе отвѣтственныхъ работъ было поручено астрономамъ Мешэну и Деламбру; первый получилъ въ свое распоряженіе южный участокъ отъ Барселоны до Родеза; второй—сѣверный отъ Родеза до Дюнкирхена. При выборѣ указаннаго меридіана было обращено особое вниманіе на то, что измѣренія его начинались и окончивались на морскомъ берегу, чѣмъ облегчалось приведеніе всѣхъ измѣреній къ поверхности океана. Для выполненія предпринятой работы пришлось установить тріангуляціонную сѣть изъ 90 треугольниковъ по на-

---

[1]) Туаза равнялась шести футамъ или 864 линіямъ, такъ какъ парижскій футъ дѣлился на 12 дюймовъ, а дюймъ на 12 линій.

правленію избраннаго меридіана между Дюнкирхеномъ и Барселоною и измѣрить:

1) Углы, которые образуютъ между собою выбранныя станціи.

2) Возвышенія и пониженія каждой изъ этихъ станцій сравнительно съ тою, по отношенію къ которой установленъ инструментъ, что необходимо для приведенія къ горизонту первоначально наблюденныхъ угловъ и для образованія непрерывной цѣпи треугольниковъ, оканчивающейся на двухъ крайнихъ точкахъ меридіана.

3) Базы, которыя связаны съ сѣтью треугольниковъ; по одной изъ нихъ можно вычислить стороны каждаго треугольника, а по другой можно провѣрить это вычисленіе и исправить его въ случаѣ надобности. Одну базу на сѣверѣ измѣрилъ Деламбръ между Melun и Lieusaint въ 6075·900069 туазы, а другую на югѣ измѣрилъ Мешэнъ между Salces и Vernet, около Перпеньяна, въ 6006·247848 туазы. Оба эти измѣренія приведены къ уровню океана и къ температурѣ 16·25° Ц.

4) Направленіе сторонъ треугольниковъ по отношенію къ меридіану, для чего необходимо было наблюденіе азимутовъ. Эти наблюденія были для большей точности результата сдѣланы въ Watten, Bourges, Carcassonne, Montjouy по солнцу и по полярной звѣздѣ.

5) Наконецъ, нужно было произвести астрономическія наблюденія, чтобы узнать небесную дугу, которой соотвѣтствуетъ земная дуга меридіана, измѣренная геодезически. Эти наблюденія широтъ были произведены въ Дюнкирхенѣ и Эво (Evaux) Деламбромъ, въ Каркасонѣ и Монжуи—Мешэномъ; сверхъ того, они оба произвели тѣ же наблюденія въ Парижѣ.

Таковъ былъ общій планъ работъ по опредѣленію длины меридіана, а стало-быть и длины метра. Чтобы составить себѣ понятіе о точности работы Мешэна и Деламбра, достаточно будетъ сказать, что изъ девяносто измѣренныхъ ими треугольниковъ въ 36 сумма угловъ отличается отъ двухъ прямыхъ менѣе, чѣмъ на 1″; въ 27 менѣе 2″; въ 18-ти менѣе 3″; въ 4-хъ отъ 3″ до 4″ и въ 3-хъ отъ 4″ до 5″.

Не менѣе тщательно были опредѣлены длины базъ при помощи четырехъ линеекъ, приготовленныхъ механикомъ Ленуаромъ подъ руководствомъ особой ученой комиссіи и свѣренныхъ

какъ между собою, такъ и съ перуанскою туазою, служившею въ 1735 г. астрономамъ Лакондомину и Бугеру при измѣреніи длины градуса въ Перу. Что же касается точности азимутальныхъ наблюденій и опредѣленія широтъ, то они оказались замѣчательными: именно Мешэнъ и Деламбръ, каждый изъ своихъ наблюденій, вычислили широту, на которой стоитъ Пантеонъ въ Парижѣ, и опредѣлили ее съ согласіемъ до одной шестой доли секунды!

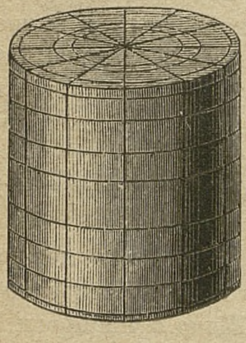
Какъ ни высокъ былъ авторитетъ Мешэна и Деламбра, но въ виду важности взятаго ими на себя порученія они должны были представить всѣ протоколы своихъ наблюденій и вычисленій въ комиссію, состоявшую изъ фанъ Свиндена, Траллеса, Лапласа, Лежандра и Цискара. По обсужденіи всѣхъ подробностей и принявъ сжатіе земли равнымъ 1/334, комиссія эта окончательно установила длину истиннаго и окончательнаго метра — „mètre vrai et définitif" въ 443·295936 линіи перуанской туазы при 16·25° Ц., а длину четверти меридіана въ 5130740 туазъ.

6. *Истинный килограммъ.* Только послѣ этого можно было приступить къ изготовленію „истиннаго и окончательнаго килограмма", что и было поручено Лефевръ-Жино и Фабброни. Особая комиссія изъ Траллеса, Вассалли, Кулона, Маскерони и фанъ Свиндена провѣряла ихъ вычисленія и изслѣдовала ихъ опыты. Въ помощь этой комиссіи былъ назначенъ другой извѣстный механикъ Фортенъ.

Комиссія рѣшила, что правильнѣе всего килограммомъ назвать вѣсъ дистиллированной воды въ объемѣ одного кубическаго дециметра, отнесенный къ температурѣ ея максимальной плотности и къ пустотѣ. Для осуществленія этого опредѣленія и построенія килограмма Лефевръ-Жино остановился на гидростатической методѣ. Съ этою цѣлью Фортенъ построилъ спеціальные весьма чувствительные вѣсы, особый латунный разновѣсъ къ нимъ и особый латунный же прямой цилиндръ, у котораго высота и діаметръ были почти въ 243·5 mm. Этихъ приборовъ было достаточно для рѣшенія поставленной задачи. Въ самомъ дѣлѣ, взвѣсивъ цилиндръ одинъ разъ въ воздухѣ и найдя его вѣсъ P въ единицахъ приготовленнаго разновѣса, нужно было затѣмъ взвѣсить его погруженнымъ въ дистиллированную воду при температурѣ максимальной плотности, и замѣтить новый его вѣсъ P'. Разность этихъ вѣсовъ прямо показываетъ вѣсъ дистиллированной воды при 4° въ объемѣ V даннаго цилиндра.

Слѣдовательно, раздѣливъ разность вѣсовъ, $P-P'$, на объемъ V, можно найти вѣсъ воды въ единицѣ объема. Такова идея этого опредѣленія. Если она съ виду проста, то точное выполненіе ея сложно и не легко. Трудности заключались въ слѣдующемъ.

1) Прежде всего нѣтъ никакой возможности построить такой цилиндръ, который отвѣчалъ бы его геометрическому опредѣленію. Поэтому приготовленный Фортеномъ цилиндръ (фиг. 1) былъ подвергнутъ весьма тщательному промѣру какъ относительно высоты, такъ и относительно діаметровъ; для облегченія этой провѣрки поверхность цилиндра была раздѣлена на опредѣленные участки: на его основаніяхъ верхнемъ и нижнемъ было нанесено на равныхъ разстояніяхъ 6 діаметровъ и три концентрическихъ окружности, опредѣлявшихъ во взаимномъ своемъ пересѣченіи 36 точекъ; на его боковой поверхности было нанесено 12 образующихъ и 8 окружностей, плоскости коихъ были параллельны основаніямъ, что и давало возможность опредѣлить 48 діаметровъ въ разныхъ высотахъ цилиндра.


Фиг. 1.

Благодаря такой сѣти координатъ, легко было точно изслѣдовать форму этого цилиндра. Въ самомъ дѣлѣ, можно было систематически опредѣлить $12 \times 3 = 36$ разъ высоту и $6 \times 8 = 48$ разъ діаметръ въ разныхъ мѣстахъ цилиндра. Для этой работы Фортенъ построилъ особые приборы подъ названіемъ „линейки діаметровъ" (règle des diamètres) и „линейки высотъ" (règle des hauteurs). Результатъ изслѣдованія вполнѣ оправдалъ всѣ эти предосторожности; именно, цилиндръ Фортена оказался не прямымъ, а слегка коническимъ, и, кромѣ того, средняя высота (0·2437672 m.) оказалась не равною среднему діаметру (0·2428368 m.). Объемъ V такого цилиндра заключалъ 11·2900054 куб. дециметра при 17·6° Ц.

2) Этотъ цилиндръ нужно было взвѣсить съ наибольшею точностью, а для этого необходимо было сдѣлать его по возможности легкимъ. Поэтому онъ былъ полый и изнутри былъ укрѣплена особыми фермами, на подобіе желѣзныхъ мостовъ, дабы—при погруженіи въ воду—стѣнки его не прогибались отъ испытываемаго давленія. Послѣднее условіе было провѣрено, и опытъ

показалъ, что стѣнки цилиндра были неподатливы и объемъ его неизмѣнный.

3) По опредѣленію килограммъ есть вѣсъ одного кубическаго дециметра дистиллированной воды при температурѣ максимальной плотности, и притомъ вѣсъ, приведенный къ пустотѣ. Но всѣ взвѣшиванія производились въ воздухѣ, а потому нужно было какъ-нибудь удовлетворить этому требованію. Для этого въ верхнее дно цилиндра была впаяна трубочка діаметромъ въ 1·285 mm., посредствомъ которой внутренность его сообщалась съ наружнымъ воздухомъ даже при погруженіи цилиндра въ воду; сверхъ того, какъ уже говорилось раньше, и цилиндръ, и разновѣсъ были сдѣланы Фортеномъ изъ одного и того-же матеріала, изъ латуни; при такихъ условіяхъ, согласно теоріи взвѣшиванія, поправка на приведеніе вѣса даннаго тѣла въ воздухѣ къ вѣсу его въ пустотѣ равна нулю, т. е. опредѣляемый вѣсъ тѣла въ воздухѣ есть тотъ-же самый, что и въ пустотѣ. Изъ 53 отдѣльныхъ измѣреній Лефевръ-Жино нашелъ вѣсъ цилиндра въ воздухѣ равнымъ 11·4660055 произвольной единицы разновѣса, приготовленной Фортеномъ и прозванной „unité". Эта единица вѣса была почти равна вѣсу кубическаго дециметра воды. Такихъ единицъ было одиннадцать и сверхъ того былъ приготовленъ мелкій разновѣсъ по десятичной системѣ. Вѣсы Фортена еще замѣтно отклонялись отъ положенія равновѣсія при перегрузкѣ въ одну милліонную долю этой единицы.

4) Взвѣшиваніе въ водѣ представляло наибольшія трудности, такъ какъ требовались поправки на приведеніе вѣса цилиндра въ водѣ къ безвоздушному пространству и къ условленной температурѣ воды при максимумѣ ея плотности, между тѣмъ какъ температура воды была въ среднемъ 0·3° Ц. Изъ сорока восьми измѣреній этого вѣса Лефевръ-Жино нашелъ его—по приведеніи къ безвоздушному пространству, но при 0·3° Ц.—равнымъ 0·1967668 „единицы".

Такимъ образомъ вѣсъ воды въ объемѣ цилиндра при 0·3° Ц. оказался равнымъ 11·4660055—0·1967668 = 11·2692387 „единицы". Этотъ вѣсъ оставалось-бы раздѣлить на найденный раньше объемъ *V*, чтобы получить искомое значеніе килограмма. Однако, не слѣдуетъ забывать, что объемъ *V* былъ найденъ при температурѣ 17·6° Ц., а вода, въ которую былъ погруженъ въ послѣднемъ опытѣ цилиндръ, находилась лишь при 0·3° Ц. Сдѣлавъ эту поправку при помощи заранѣе опредѣленнаго коэффиціента рас-

ширенія латуни цилиндра, Лефевръ-Жино установилъ новое значеніе для объема цилиндра при 0·3° Ц. въ 11·2796202 кубическаго дециметра. Теперь уже нетрудно найти вѣсъ одного куб. дециметра воды при 0·3° Ц; онъ равенъ 11·2692387 / 11·2796202 = 0·9990796 „единицы".

Но такъ какъ температура 0·3° Ц. не соотвѣтствовала установленному опредѣленію килограмма, то были произведены дополнительные опыты, на основаніи которыхъ послѣднее число было исправлено, а именно килограммъ, т. е. отнесенный къ пустотѣ вѣсъ одного кубическаго дециметра дистиллированной воды при температурѣ максимальной ея плотности оказался равнымъ 0·9992072 „единицы". Установивъ истинную и окончательную величину килограмма, нужно было выразить его еще въ гранахъ вѣса „марки столба Карла Великаго", который считался до того времени во Франціи основнымъ. Сравненіе показало, что истинный и окончательный килограммъ вѣситъ въ пустотѣ 18827·15 грана.

7. *Эталоны-прототипы метра и килограмма.* Итакъ, многолѣтними работами было, наконецъ, установлено истинное значеніе метра = 443·295936 линій перуанской туазы при 16·25° Ц. и килограмма = 0·9992072 „единицы" Лефевра-Жино = 18827·15 грана вѣса „марки столба Карла Великаго". Но этого не достаточно для введенія новой системы мѣръ и вѣсовъ. Необходимо было немедленно, согласно закону, представить законодательному собранію конкретные образцы новыхъ мѣръ, изготовленныхъ со всѣми возможными предосторожностями. Эта отвѣтственная работа была произведена подъ наблюденіемъ спеціально избранныхъ членовъ комиссіи механиками Ленуаромъ и Фортеномъ. Первый построилъ изъ платины концевой метръ въ формѣ плоской линейки, между концами которой разстояніе равно одному метру при 0°, а второй—также изъ платины килограммъ въ формѣ прямого цилиндра съ едва закругленными краями, діаметръ и высота котораго соотвѣтственно равны 39·4 mm. и 39·7 mm. Эти эталоны-прототипы были отъ имени національнаго института торжественно представлены обоимъ совѣтамъ законодательнаго собранія 22 іюня 1799 года (7 мессидора VII года) при соотвѣтственной рѣчи и переданы на вѣчное храненіе въ государственныхъ архивахъ Франціи. По этой причинѣ эти эталоны-прототипы теперь называютъ *архивнымъ метромъ и килограммомъ.* Комиссія понимала, однако, что на ряду съ этими образцами

метра и килограмма, которые нужно беречь во всей сохранности и неприкосновенности и употреблять лишь въ случаяхъ крайней важности, необходимо было построить нормальныя копіи метра и килограмма для нуждъ самой академіи, астрономической обсерваторіи и другихъ учрежденій этого рода. Вотъ почему одновременно съ эталонами-прототипами изъ платины Ленуаръ приготовилъ нѣсколько метровъ при 0° изъ желѣза, а Фортенъ нѣсколько килограммовъ изъ латуни, чѣмъ и положено было начало правильному распространенію метрической системы мѣръ и вѣсовъ.

Нѣсколько позже французское правительство заказало тѣмъ же механикамъ Ленуару и Фортену изготовить платиновый метръ и платиновый килограммъ для научныхъ работъ и сравненій въ Парижской астрономической обсерваторіи. Новыя копіи, сдѣланныя почти семь лѣтъ спустя послѣ эталоновъ-прототиповъ, оказались замѣчательно точными, а именно метръ обсерваторіи отличался на 1/600 долю mm. отъ метра эталона-прототипа архивовъ, а килограммъ обсерваторіи—на одинъ миллиграммъ отъ архивнаго прототипа-эталона. Эти ошибки, значительныя для современной метрологіи, тогда были лишь ошибками наблюденій.

8. *Отношеніе метра къ длинѣ секунднаго маятника въ Парижѣ.* Казалось-бы, что послѣднимъ актомъ могли закончиться труды комиссіи мѣръ и вѣсовъ; казалось-бы ею было сдѣлано все для того, чтобы имена участниковъ навсегда остались въ памяти у благодарнаго человѣчества. Но не такъ думали неутомимые члены комиссіи, Борда, Мешэнъ и Кассини, которые еще въ самомъ началѣ работъ рѣшили установить неизмѣнную связь между истиннымъ метромъ и длиною секунднаго маятника въ Парижѣ. Они исходили при этомъ изъ того соображенія, что всегда возможно несчастіе, во время котораго эталоны-прототипы погибнутъ, и тогда явится необходимость возстановить погибшіе эталоны. На такой случай полезно заблаговременно найти отношеніе метра къ длинѣ секунднаго маятника въ Парижѣ, такъ какъ впослѣдствіи по длинѣ такого маятника и по найденному отношенію всегда легко будетъ опредѣлить и длину метра, не повторяя всѣхъ геодезическихъ и астрономическихъ работъ Мешэна и Деламбра. Эти интересныя изслѣдованія были организованы въ Парижской астрономической обсерваторіи по методѣ Борда съ помощью простого маятника. Послѣдній состоялъ изъ платиноваго шара (діаметромъ въ 16·16 линій и вѣ-

сомъ въ 9911 грановъ), подвѣшаннаго на тонкой желѣзной проволокѣ длиною въ 12 футовъ и вѣсомъ въ 13·79 грана. Періодъ колебанія этого маятника былъ равенъ почти двумъ секундамъ, а продолжительность его колебаній достигала 12 и даже 20 часовъ, благодаря очень хорошо исполненному подвѣсу на призмѣ и превосходному каменному устою, на которомъ былъ установленъ весь маятникъ.

Такъ какъ при опредѣленіи длины секунднаго маятника въ данномъ мѣстѣ важно знать съ наибольшею точностью длину даннаго маятника и періодъ его колебанія, то Борда обратилъ особое вниманіе на эту часть взятой на себя работы. Въ самомъ дѣлѣ, онъ опредѣлялъ періодъ колебанія по методѣ совпаденія, а длину его помощью особой платиновой линейки и еще нѣкоторыхъ спеціальныхъ приспособленій. Благодаря принятымъ мѣрамъ предосторожности и тщательности наблюденій, ему прежде всего удалось достигнуть замѣчательной точности въ опредѣленіи періода колебаній, какъ это видно изъ нижеслѣдующихъ чиселъ:

Промежутокъ времени между двумя совпаденіями даннаго маятника и маятника часовъ обсерваторіи	Число колебаній въ сутки на основаніи наблюденій съ даннымъ маятникомъ	Поправка на приведеніе данной амплитуды къ безконечно малой	Исправленное число колебаній даннаго маятника въ сутки
73 m 14 s.	43305·28	0·51	43305·79
73 30	43305·35	0·14	43305·49
73 49	43305·44	0·05	43305·49
72 34	43305·14	0·02	43305·16
		Среднее значеніе	43305·48

Что же касается опредѣленія длины маятника между точкою привѣса и центромъ качаній, то (по приведеніи ея къ истинному значенію послѣ исключенія разнаго рода неизбѣжныхъ ошибокъ), онъ нашелъ ее равною 202965·82 дѣленій своей платиновой линейки и еяноніуса. Отсюда уже было легко найти длину x се-

кунднаго маятника, а именно, считая въ среднихъ суткахъ 86400 колебаній секунднаго маятника, $x : 202965{\cdot}82 = (43305{\cdot}48)^2 : (86400)^2$, откуда длина секунднаго маятника для Парижа $x = 50989{\cdot}55$ частей указанной линейки. Сдѣлавъ еще приведеніе къ безвоздушному пространству и къ 0°, Борда окончательно нашелъ изъ этой серіи опытовъ $x = 50999{\cdot}75$ частей линейки. Такихъ серій было 20, и среднее исправленное значеніе оказалось очень близкимъ къ только что найденному, именно 50999·60. Это согласіе лучше всего характеризуетъ высокое качество всѣхъ наблюденій Борда. Однако, такъ какъ найденная длина секунднаго маятника выражена въ условныхъ единицахъ длины, а задача состояла въ отысканіи отношенія длины секунднаго маятника къ метру, то нужно было перевести дѣленія линейки Борда въ дѣленія линейки № 1, служившей Мешэну и Деламбру для опредѣленія длины дуги меридіана и длины истиннаго метра. Сравненіе, произведенное позже показало, что 50999·60 дѣленія линейки Борда равнялись 50998·38 дѣленія линейки № 1, откуда длина секунднаго маятника оказалась въ доляхъ линій перуанской туазы 440·5593 при 16·25° Ц., а въ доляхъ метра 0·993827 при 0°. Смыслъ этого изслѣдованія легко пояснить. Еслибы истинный метръ былъ по какимъ-либо причинамъ утраченъ, то стоило бы повторить опыты Борда и найти вновь длину секунднаго маятника въ Парижской обсерваторіи. Имѣя эту длину, нужно бы было раздѣлить ее на 993827 частей и затѣмъ прибавить къ найденной длинѣ такихъ частей 6173, чтобы получить длину метра. Конечно, эта операція гораздо проще, нежели новое опредѣленіе длины дуги меридіана.

9. *Составъ комиссіи мѣръ и вѣсовъ и оцѣнка ея работъ.* Таковъ былъ характеръ и объемъ работъ комиссіи вѣсовъ и мѣръ. Трудно передать въ бѣгломъ очеркѣ то очарованіе, которое онѣ производятъ на читателя даже теперь, по прошествіи ста лѣтъ, и нѣтъ ничего удивительнаго, что при представленіи эталоновъ-прототиповъ члены этой комиссіи были предметомъ всеобщаго вниманія и глубокаго уваженія. Приведемъ списокъ участниковъ этого славнаго дѣла, которое съ 1798 года утратило узко-національный характеръ и стало международнымъ, благодаря приглашенію въ составъ комиссіи мѣръ и вѣсовъ делегатовъ отъ разныхъ европейскихъ государствъ. Вотъ ихъ имена: 1) *Aenae* (депутатъ Батавской республики), 2) *de Balbe* (представитель сардинскаго короля), замѣщенный впослѣдствіи *Vassalli*, 3) *Berthollet*,

4) *Borda*, 5) *Brisson* (члены Французскаго института), 6) *Bügge* (представитель датскаго короля), 7) *Ciscar* (представитель испанскаго короля), 8) *Coulomb*, 9) *Darcet*, 10) *Delambre* (члены Французскаго института), 11) *Fabbroni* (депутатъ тосканскій), много помогавшій *Lefèvre-Gineau*, 12) *Franchini* (депутатъ романскій), 13) *Haüy*, 14) *Lagrange*, 15) *Laplace*, 16) *Lefèvre-Gineau*, 17) *Legendre* (члены Французскаго института), 18) *Mascheroni* (депутатъ Цисальпинской республики), 19) *Méchain*, 20) *Mongès* (члены Французскаго института), 21) *Multedo* (депутатъ Лигурійской республики), 22) *Pedrayes* (представитель испанскаго короля), 23) *Prony* (членъ Французскаго института), 24) *Trallès* (депутатъ Гельветской республики), 25) *Van-Swinden* (депутатъ Батавской республики), составившій докладъ институту отъ имени комиссіи, 26) *Vandermonde* (членъ Французскаго института), 27) *Vassalli* (депутатъ піемонтскаго правительства).

Сверхъ того, въ трудахъ комиссіи принимали участіе знаменитый Лавуазье, Тилле и Мёнье, умершіе ранѣе конца работъ. Наконецъ, съ трудами комиссіи связаны навсегда имена Ленуара и Фортена, выдающихся механиковъ—„artistes célèbres" по словамъ докладчиковъ.

Исполнивъ свою многолѣтнюю плодотворную работу, комиссія, согласно специальному декрету, передала всѣ манускрипты, протоколы наблюденій и инструменты на вѣчное храненіе въ Парижскую обсерваторію. Подробный же отчетъ о всѣхъ этихъ трудахъ вышелъ подъ общею редакціею Деламбра въ трехъ большихъ томахъ in 4° подъ заглавіемъ „Base du système métrique décimal ou mesure de l'arc du méridien compris entre les parallèles de Dunkerque et Barcelone, exécutée en 1792 et années suivantes, par M. M. Méchain et Delambre. Paris, 1806, 1807, 1810". Оба первыхъ тома посвящены астрономическимъ и геодезическимъ работамъ Мешэна и Деламбра, третій же содержитъ въ себѣ данныя для обработки метрической системы и соотвѣтственные доклады разныхъ спеціальныхъ комиссій.

Ознакомившись достаточно подробно съ ходомъ работъ комиссіи мѣръ и вѣсовъ, можно спросить себя, достигнута-ли ею намѣченная въ началѣ цѣль, найдены-ли навсегда неизмѣнныя единицы длины и массы, образцы коихъ можно при необходимости и желаніи съ точностью воспроизвести по неизмѣннымъ размѣрамъ земли и постояннымъ свойствамъ воды, даже въ томъ случаѣ, если бы эталоны-прототипы по какой-либо причинѣ по-

гибли. На этотъ вопросъ можно дать лишь отрицательный отвѣтъ. Приблизительно такіе же эталоны можно было бы построить, но не точно такіе же. Уже въ концѣ III тома Base du système métrique Деламбръ помѣстилъ мемуаръ, озаглавленный: „Dernières réflexions sur le mètre", въ которомъ (на основаніи своихъ измѣреній между Дюнкирхеномъ и Барселоною и позднѣйшихъ измѣреній Біо и Араго, продолжившихъ на югѣ дугу меридіана (отъ Барселоны до острова Formentera) и на сѣверѣ совмѣстно съ англійскими астрономами (отъ Дюнкирхена до Гринвича) онъ призналъ, что одна десятимилліонная доля четверти земного меридіана точнѣе выражается въ линіяхъ перуанской туазы числомъ 443·320, чѣмъ 443·296, какъ это было принято для метра-эталона. Другими словами метръ-эталонъ немного короче, чѣмъ нужно. Къ такому же выводу пришелъ позже нѣмецкій астрономъ Бессель изъ градусныхъ измѣреній въ Германіи; по его вычисленіямъ метръ-эталонъ укладывается не 10000000 разъ въ четверти земного меридіана, а 10000855·76 ± 498·23, т. е. метръ равенъ 443·334 линіи. То же самое можно сказать и о килограммѣ, какъ вѣсѣ воды въ объемѣ одного кубическаго дециметра. Позднѣйшія изслѣдованія показали, что и тутъ нѣтъ согласія. По изслѣдованіямъ нижепоименованныхъ лицъ вѣсъ этотъ оказался слѣдующимъ:

1799.	Лефевръ-Жино и Фаброни	1000·000	gr.
„	Тоже перечислено Бропомъ	999·910 999·880	„ „
„	Тоже перечислено Менделѣевымъ	999·960	„
1798—1821.	Schuchburgh и Катеръ	1000·480	„
1825.	Берцеліусъ, Сванбергъ, Аккерманъ	1000·296	„
1834.	Стампферъ	999·653	„
1841.	Купферъ	999·989	„
„	Тоже перечислено Менделѣевымъ	999·850	„
1890.	Chaney	1000·004	„
„	Тоже перечислено Менделѣевымъ	999·841	„
1895.	Менделѣевъ	999·847	„
1896.	Масе-де-Лепинэ	999·959	„
1900.	Масе-де-Лепинэ	999·954	„
„	Фабри, Масе-де-Лепинэ, Перо	999·974	„
„	Шаппюи	999·976	„

Наконецъ, интересно узнать насколько точно Борда и Кас-

сини опредѣлили длину парижскаго секунднаго маятника, сопоставивъ ихъ число съ числами позднѣйшихъ наблюдателей:

Наблюдатели:	Длина секунднаго маятника:
Борда, Кассини	0·993827 m.
Катеръ, Гумбольдъ, Араго	0·993867 "
Буваръ, Біо, Матьё	0·993845 "

Эти числа показываютъ, что и здѣсь разницы достигаютъ 0·04 mm. Такимъ образомъ, иллюзія вѣчныхъ и неизмѣнныхъ единицъ длины и вѣса должна быть отброшена, какъ неосуществимая. Вслѣдствіе этого, позже было рѣшено стать на реальную почву и основать всю современную метрическую систему измѣреній не на тѣхъ идеяхъ, которыя были положены въ основаніе метрической системы при изготовленіи эталоновъ-прототиповъ, а на точнѣйшихъ копіяхъ, которыя въ концѣ восьмидесятыхъ годовъ были изготовлены въ международномъ бюро мѣръ и вѣсовъ изъ иридистой платины по подлиннымъ эталонамъ-прототипамъ 1799 года.

10. *Введеніе метрической системы въ различныхъ государствахъ* [1]). Несмотря на громкую извѣстность, которую, въ моментъ своего осуществленія, метрическая система мѣръ и вѣсовъ успѣла себѣ пріобрѣсти, какъ во Франціи, такъ и въ остальной Европѣ, ея послѣдующее распространеніе среди народовъ Европы нельзя назвать ни скорымъ, ни блестящимъ. Если государственные дѣятели и образованные классы населенія и признавали ее безспорно наилучшею системою мѣръ и вѣсовъ, то мало просвѣщенный народъ относился къ ней, какъ ко всякому новшеству, недовѣрчиво и враждебно. Нужны были многіе годы, чтобы сознаніе пользы, простоты и однообразія новой системы достигло до глубины народныхъ массъ и чтобы народъ самъ предпочелъ лучшую систему худшей, къ которой онъ былъ пріученъ вѣками. Этимъ объясняется та осмотрительность, съ которою многія государства вводили у себя метрическую систему мѣръ и вѣсовъ. Сначала они устанавливали соотвѣтственные законы, затѣмъ назначался срокъ факультативнаго употребленія новой системы мѣръ, къ которой всѣ могли присмотрѣться и привыкнуть,

---

[1]) Многія данныя этого параграфа взяты изъ книги проф. О. Д. Хвольсона: „О метрической системѣ мѣръ и вѣсовъ и о ея введеніи въ Россіи", составленной по порученію Императорскаго Русскаго Техническаго Общества. Спб., 1884.

и, наконецъ, новая система вводилась безусловно, а старая теряла свою законную силу и отходила въ область преданій. Легко себѣ представить, что и французскій народъ въ этомъ отношеніи былъ похожъ на другихъ и относился недружелюбно къ метру, килограмму, литру и другимъ новымъ единицамъ мѣръ, а правительство, переживъ треволненія великой революціи, не имѣло охоты энергично вводить метрическую систему и наталкиваться на явное или окрытое противодѣйствіе народа. Поэтому мы видимъ, что въ самой Франціи метрическая система просуществовала не долго. 4 ноября 1800 года Наполеонъ разрѣшилъ употребленіе старыхъ названій для новыхъ единицъ, вслѣдствіе чего произошла совершенная путанница понятій. Такъ дѣло шло до 12 февраля 1812 г., когда метрическая система была совершенно исковеркана и потеряла даже свое лучшее свойство, десятичное подраздѣленіе. Декретомъ отъ этого числа вводилась единица длины туаза равная двумъ метрамъ и раздѣленная на шесть футовъ, футъ же дѣлился на 12 дюймовъ, а дюймъ на 12 линій. Такую же злую судьбу испыталъ и килограммъ: полукилограммъ былъ названъ фунтомъ, а послѣдній подраздѣленъ на унціи, гроссы и граны. Если прибавить къ этому, что старыя единицы еще были въ ходу, то картина хаотическаго состоянія мѣръ и вѣсовъ во Франціи въ это время станетъ полною. Конечно, такой безпорядокъ не могъ существовать, и стараніями министерства Гизо метрическая система мѣръ и вѣсовъ была, наконецъ, безповоротно введена во Франціи съ 1 января 1840 года.

Спрашивается, какъ отнеслись къ этой реформѣ другіе европейскіе народы. Лучшій отвѣтъ на этотъ вопросъ дадутъ числа, именно годы введенія метрической системы въ разныхъ государствахъ. Эти числа имѣютъ любопытную особенность: маленькія государства скорѣе вводятъ новыя мѣры, нежели большія. Такимъ образомъ, оказалось, что на первомъ мѣстѣ стоитъ Греція (1836 г.), затѣмъ Франція (1840), Испанія (1849), Италія (1850), Португалія (1852). Потомъ идутъ Румынія, Сербія, Бельгія, Голландія, Швейцарія (1867), Данія и, наконецъ, Германія (1872), Египетъ (1875), Австро-Венгрія (1876), Турція (1876). Метрическая система не введена оффиціально, но допущена на ряду съ національными мѣрами, только въ Англіи (1864), Америкѣ (1866) и Россіи (1899). По приблизительному подсчету благами метрической системы мѣръ и вѣсовъ пользуются около 500—600 милліоновъ людей въ разныхъ частяхъ земного шара, такъ какъ она

успѣла распространиться въ очень многихъ колоніяхъ европейскихъ государствъ.

Приведенныя числа лучше всего показываютъ съ какою постепенностью метрическая система прокладывала себѣ дорогу. Поэтому интересно будетъ отмѣтить, какія лица и общества содѣйствовали этому дѣлу. Исторія показываетъ намъ, что на защиту метрической системы становились цѣлыя общества, международные конгрессы и отдѣльныя лица. Починъ въ этомъ отношеніи принадлежалъ Лондонскому обществу для поддержки искусства, промышленности и торговли, которое послѣ закрытія международной выставки 1851 г. настойчиво указало на необходимость объединенія мѣръ и вѣсовъ во всемъ мірѣ. Международные статистическіе конгрессы въ Брюсселѣ (1853), въ Парижѣ (1855), въ Вѣнѣ (1859), въ Лондонѣ (1860) и въ Берлинѣ (1867) непрерывно выражали горячее желаніе видѣть всюду одну метрическую систему мѣръ и вѣсовъ. Такое же пожеланіе было высказано международнымъ метеорологическимъ конгрессомъ въ Вѣнѣ, въ 1873 г. Но особыя заботы приложило къ этому дѣлу Общество для введенія однообразной десятичной системы мѣры, вѣса и монеты, основанное въ Парижѣ въ 1855 г. и скоро послѣ этого превратившееся для успѣха пропаганды въ международное. Его члены не останавливались ни передъ какими препятствіями и горячею проповѣдью, авторитетными петиціями, настойчивыми требованіями умѣли вербовать себѣ адептовъ среди индиферентныхъ, неувѣренныхъ или отсталыхъ. Можно смѣло утверждать, что члены этого Общества имѣли рѣшительное вліяніе на присоединеніе многихъ государствъ къ метрической системѣ мѣръ и вѣсовъ, ибо Общество это учредило въ различныхъ государствахъ свои отдѣленія, членами которыхъ были лучшіе люди своего времени. Выдающимися членами этого Общества были: Шевалье, Беккерель, Ламэ, Эрмитъ, Реньо, во Франціи; Кетле въ Бельгіи; Р. Уетли, Шефтсбури, Овенъ, Брюстеръ, Кобденъ въ Англіи; Купферъ, Якоби въ Россіи; Ваттемеръ въ Соединенныхъ Штатахъ и т. д. Этимъ лицамъ обязана метрическая система своимъ успѣхомъ и скорымъ распространеніемъ въ центральной Европѣ. Почему же нѣкоторыя государства примкнули только условно? Англія съ 1864 г., Америка съ 1866 г. и Россія съ 1899 г. Всѣ эти три государства давно уже сознали всѣ преимущества новой системы мѣръ и вѣсовъ, но не рѣшались вводить ее у себя по разнымъ причинамъ. Россія останавливалась

передъ осуществленіемъ этой реформы во всей ея полнотѣ вслѣдствіе недостаточной граммотности своего населенія и отсутствія организованнаго государственнаго контроля надъ мѣрами и вѣсами. Въ самомъ дѣлѣ, реформа мѣръ и вѣсовъ касается всѣхъ жителей и можетъ быть понята, оцѣнена и правильно примѣнена лишь при извѣстной степени развитія населенія и при наличности правильнаго контроля. Въ противномъ случаѣ, она легко можетъ привести къ злоупотребленіямъ и вызвать неудовольствія и нареканія, чего и избѣгали до сихъ поръ. Англія и Америка, конечно, въ этомъ отношеніи стоятъ выше насъ, и тамъ, повидимому, тормазомъ служитъ съ одной стороны привязанность населенія ко всему національному, а съ другой—необыкновенно хорошо поставленная инспекція торговыхъ мѣръ, которая уже обошлась очень дорого правительствамъ, и смѣнить во всемъ государствѣ обширный инвентарь которой будетъ стоить еще больше. Нужно, однако, думать, что неисчислимыя преимущества метрической системы скоро возьмутъ верхъ и что метръ и килограммъ въ самомъ непродолжительномъ времени сдѣлаются навсегда достояніемъ всѣхъ народовъ.

11. *Судьба метрической системы въ Россіи и заключеніе.* Нашъ очеркъ былъ бы неполонъ, если бы мы не коснулись, хотя въ краткихъ словахъ, судьбы метрической системы мѣръ и вѣсовъ въ Россіи. Мы уже видѣли, что Россія не участвовала въ парижской международной комиссіи 1798 года, чему, конечно, причиною было тогдашнее политическое состояніе Франціи. Метръ и килограммъ появились въ Россіи гораздо позже, въ началѣ тридцатыхъ годовъ, когда тогдашній министръ финансовъ графъ Канкринъ рѣшилъ для правильности и простоты торговыхъ и таможенныхъ операцій въ Россіи произвести научное сравненіе русскихъ торговыхъ мѣръ съ иностранными. Съ этою цѣлью путемъ дипломатическихъ переговоровъ въ Россію были доставлены весьма цѣнные образцы линейныхъ и вѣсовыхъ мѣръ изъ многихъ иностранныхъ государствъ, съ которыми Россія имѣла болѣе или менѣе значительную торговлю. Метръ и килограммъ, подобно эталонамъ-прототипамъ, были изготовлены изъ платины въ Парижѣ. О метрѣ мы знаемъ со словъ Араго, что онъ былъ приготовленъ извѣстнымъ механикомъ Фортеномъ и что—по сравненію Араго 14 іюня 1820 г. съ метромъ Парижской обсерваторіи—онъ оказался на 1/125 миллиметра короче. О килограммѣ нѣтъ такихъ точныхъ указаній; о немъ лишь извѣстно, что

его сравнивалъ профессоръ Шумахеръ изъ Альтоны съ своимъ платиновымъ килограммомъ, который въ свою очередь былъ сравненъ Штейнгейлемъ съ парижскимъ килограммомъ-эталономъ, причемъ въ результатѣ оказалось, что русскій килограммъ на 0·81 миллиграмма легче эталона-прототипа. Когда эти и другіе образцы прибыли въ Россію, то графъ Канкринъ образовалъ спеціальную комиссію для установленія мѣръ и вѣсовъ Россійской имперіи, членами которой состояли представители различныхъ вѣдомствъ. Научная сторона этого дѣла была довѣрена извѣстному академику Купферу.

Приступивъ къ исполненію своей задачи „русская комиссія, говоритъ Купферъ, по образцу Лондонской рѣшила въ принципѣ ничего не измѣнять въ системѣ мѣръ и вѣсовъ, находившихся до того въ употребленіи въ Россіи. Введеніе всеобщей единицы мѣры, въ родѣ метра французской комиссіи, чисто геометрическая природа котораго внѣ всякого національнаго спора, казалось комиссіи одною изъ тѣхъ утопій, которымъ умъ человѣческій любитъ предаваться, но которыя представляютъ непреодолимыя трудности при исполненіи". При такой точкѣ зрѣнія трудъ комиссіи былъ направленъ лишь къ фиксированію русской національной системы мѣръ и вѣсовъ и къ разысканію переводныхъ множителей для превращенія русскихъ единицъ въ иностранныя и наоборотъ. Огромная работа подобнаго рода поглотила не мало времени и въ законченномъ видѣ появилась лишь въ 1841 г., подъ заглавіемъ: „Travaux de la Commission pour fixer les mesures et les poids de l'empire de Russie, rédigés par A. Th. Kupffer", St. Petersbourg, въ двухъ большихъ томахъ.

Однако, комиссіи удалось гораздо скорѣе привести въ порядокъ основы русской метрологіи, вслѣдствіе чего уже 11 октября 1835 года появился Высочайшій указъ, въ которомъ сказано:

1) „Сажень въ семь англійскихъ футовъ, раздѣленная на три аршина, каждый въ 28 дюймовъ или въ 16 вершковъ, будетъ навсегда основаніемъ линейной русской мѣры".

2) Основною единицею русскихъ вѣсовъ будетъ служить нормальный фунтъ, изготовленный комиссіею на основаніи полученныхъ ею результатовъ, что кубическій русскій или англійскій дюймъ воды при температурѣ $13^1/_3{}^0$ Р. вѣситъ въ пустотѣ 368·361 доли, или что объемъ русскаго фунта той же воды равенъ 25·019 кубическаго англійскаго дюйма; этотъ фунтъ совершенно равенъ

фунту, находящемуся съ давнихъ поръ въ употребленіи, золоченный образецъ котораго, изготовленный въ 1747 г., былъ сданъ на С.-Петербургскій монетный дворъ и съ тѣхъ поръ служитъ основаніемъ монетной системы Россіи".

Этотъ фунтъ не равенъ англійскому фунту; 1 русскій фунтъ по измѣренію Купфера равенъ 1·09718 англійскаго фунта системы „troy" или 0·90283 системы „Avoir-du-pois"; ближе всего русскій фунтъ стоитъ къ шведскому, именно 1 русскій фунтъ равенъ 0·96337 шведскаго фунта. Болѣе точныхъ данныхъ о происхожденіи русскаго фунта мы не знаемъ. Что же касается сажени и аршина, то они еще приказомъ Петра Великаго произведены непосредственно отъ англійскаго фута, равнаго одной трети ярда, который есть не что иное, какъ приведенная къ уровню моря и къ пустотѣ длина секунднаго маятника въ Лондонѣ при 62° Ф. (= $13^1/_3$° Р.). Для работъ комиссіи русскую копію ярда съ лондонскимъ эталономъ свѣрилъ извѣстный въ метрологіи капитанъ Катеръ; этотъ ярдъ стало-быть и есть фактическая основа русской единицы длины. На этихъ началахъ Купферъ построилъ русскіе эталоны: платиновый фунтъ и желѣзную нарѣзную сажень комиссіи 1835 г., подраздѣленную на три аршина, которые раньше хранились въ Депо образцовыхъ мѣръ и вѣсовъ въ С.-Петербургской крѣпости, а съ 1880 г. по Забалканскому проспекту подъ № 19, гдѣ теперь помѣщается Главная палата мѣръ и вѣсовъ, учрежденная 8 іюня 1893 года и замѣнившая собою прежнее Депо.

Изъ только-что сказаннаго видно какъ далека была комиссія тридцатыхъ годовъ отъ введенія въ Россіи метрической системы. Но не напрасно усиленно работали члены раньше упомянутаго международнаго Общества для введенія однообразной системы мѣры, вѣса и монеты. Въ маѣ 1859 г. британскій отдѣлъ этого Общества обратился въ С.-Петербургскую Академію наукъ съ адресомъ, въ которомъ приглашалъ ее содѣйствовать задачамъ Общества. Почти одновременно подобные же адресы наша Академія получила отъ французскаго и бельгійскаго отдѣловъ. Вслѣдствіе этого, въ томъ же году, съ Высочайшаго соизволенія, академикъ Купферъ присутствовалъ, какъ представитель Россіи, на международномъ съѣздѣ сказаннаго Общества, состоявшемся въ октябрѣ, въ Бредфордѣ. На введеніе метрической системы въ Россіи, повидимому, эта поѣздка не оказала никакого вліянія. Такъ было до 1869 г., когда другой русскій академикъ Якоби сдѣлалъ нашей Академіи предложеніе объ образованіи меж-

дународной комиссіи мѣръ и вѣсовъ для распространенія между различными государствами наилучшихъ копій съ эталоновъ-прототиповъ. Это предложеніе было сочувственно встрѣчено въ Россіи и за границею, и 8 (20) мая 1875 г. было открыто международное бюро мѣръ и вѣсовъ въ Парижѣ (Sévres, Pavillon de Breteuil). Благодаря замѣчательнымъ работамъ этого бюро, Россія въ числѣ 20-ти другихъ участвующихъ въ содержаніи бюро государствъ получила 26 сентября 1889 г. нѣсколько копій метра и килограмма, сдѣланныхъ изъ иридистой платины (90% Pt и 10% Ir). Императорская Академія наукъ получила нарѣзной метръ № 11 и килограммъ № 26, хранимые въ Главной Физической обсерваторіи; Астрономическая обсерваторія въ Пулковѣ— концевой метръ, хранимый въ обсерваторіи; Главная Палата мѣръ и вѣсовъ—нарѣзной метръ № 28, длина котораго сравнительно съ метромъ—эталономъ-прототипомъ равна

$$1^{m} + 0{\cdot}5^{\mu} + 8{\cdot}650^{\mu}\,T + 0{\cdot}00100^{\mu}\,T^2 \pm 0{\cdot}2^{\mu},$$

гдѣ $\mu = 0{\cdot}001$ миллиметра или микронъ, а T температура по шкалѣ водороднаго термометра. Она же получила килограммъ № 12, вѣсъ котораго относительно килограмма эталона-прототипа равенъ

$$1^{kgr} + 0{\cdot}068^{mgr} \pm 0{\cdot}002^{mgr}$$

гдѣ kgr. означаетъ килограммъ, а mgr.—миллиграммъ = 1/1000 грамма. Только эти послѣднія двѣ копіи имѣютъ для Россіи государственное значеніе, такъ какъ онѣ положены въ основаніе закона для исчисленія множителей при переводѣ русскихъ мѣръ на метрическія и наоборотъ. Копіи же Императорской Академіи должны служить для точныхъ работъ академиковъ.

Казалось, что время сдѣлало свое дѣло. Метрическая система мѣръ и вѣсовъ успѣла уже привиться ко всѣмъ европейскимъ государствамъ континента, а Россія все еще чего-то ждала и медлила въ этомъ важномъ вопросѣ. Если принять во вниманіе, что аршинъ и сажень не національныя мѣры, а англійскаго происхожденія, что фунтъ 1747 года Монетнаго двора былъ впослѣдствіи затерянъ, что эталоны сажени и фунта комиссіи 1833 г. не имѣли отличительныхъ знаковъ, что платиновый фунтъ оказался съ роковинами и царапинами, то можно было вполнѣ искренне желать скорѣйшаго упраздненія устарѣвшей систе-

мы и введенія новой, метрической, децимальной. Подобное желаніе дѣйствительно все чаще и чаще выражалось различными русскими учеными обществами, съѣздами и лицами. Въ этомъ дѣлѣ особое участіе принимало Русское Императорское Техническое Общество и Съѣзды русскихъ естествоиспытателей и врачей. При ихъ содѣйствіи удалось получить несомнѣнныя доказательства того, что наука, промышленность, торговля, архитектура, инженерное искусство, фармацевтическое дѣло и даже сельское хозяйство сильно нуждаются въ болѣе усовершенствованной системѣ мѣръ, именно въ метрической, десятичной. Краснорѣчивымъ выразителемъ этихъ мнѣній былъ проф. О. Д. Хвольсонъ, который осенью 1884 г., по порученію Техническаго Общества, составилъ блестящій докладъ по разсматриваемому вопросу. Въ ноябрѣ 1895 г. О. Д. Хвольсонъ, на основаніи новыхъ матеріаловъ, сдѣлалъ вторичный докладъ на ту же тему. Въ это время уже существовала Главная палата мѣръ и вѣсовъ, а ея управляющимъ былъ извѣстный химикъ Д. И. Менделѣевъ, который раньше неоднократно выступалъ за введеніе въ Россіи метрической системы мѣръ. При такихъ обстоятельствахъ пророческія слова О. Д. Хвольсона: „будемъ надѣяться, что введеніе у насъ метрической системы уже не заставитъ себя долго ждать и что вскорѣ осуществится это важное событіе, которое для благодарнаго потомства останется навсегда памятнымъ”, наконецъ осуществились. Высочайшимъ повелѣніемъ отъ 4 іюня 1899 года въ Россіи введена съ 1 января 1900 г. пока факультативно метрическая система мѣръ и вѣсовъ, причемъ въ статьѣ 11-ой Главы I Положенія о мѣрахъ и вѣсахъ [1]) сказано, что „международные метръ и килограммъ, ихъ подраздѣленія, а равно и иныя метрическія мѣры, дозволяется примѣнять въ имперіи, наравнѣ съ основными россійскими мѣрами, въ торговыхъ и иныхъ сдѣлкахъ, контрактахъ, смѣтахъ, подрядахъ и т. п., по взаимному соглашенію договаривающихся сторонъ”.

---

[1]) Высочайшее повелѣніе, мнѣніе Государственнаго Совѣта и Положеніе о мѣрахъ и вѣсахъ обнародованы въ Собраніи узаконеній и распоряженій правительства за 1899 годъ, статья 1322-ая, стр. 5883—5901, а также въ №№ 170 и 171 Правительственнаго Вѣстника за 1899 годъ. До утвержденія въ законодательномъ порядкѣ Положенія о мѣрахъ и вѣсахъ С. И. Ламанскій, бывшій инспекторъ Главной палаты мѣръ и вѣсовъ, опубликовалъ брошюру: „Замѣчанія на новый проектъ узаконеній о торговыхъ мѣрахъ и вѣсахъ”, въ которой подвергъ критической оцѣнкѣ текстъ законопроекта.

Въ этомъ же Положенiи даны основанiя и переводные множители обѣихъ системъ, а именно:

„Ст. 1. Основанiемъ россiйскихъ мѣръ вѣса (массы) служитъ фунтъ, согласованный съ платиновымъ образцомъ 1835 г., приготовленнымъ по бронзовому золоченному монетному фунту 1747 г., и выраженный въ образцовомъ фунтѣ (прототипѣ) изъ иридистой платины, носящемъ знаки „$\underset{\text{II}}{\text{H}}$ 1894" и равняющемся 0·40951241 части международнаго килограмма (съ точностью до стомиллiонной доли килограмма)".

„Ст. 3. Основанiемъ россiйскихъ линейныхъ мѣръ служитъ аршинъ, согласованный съ 28 англiйскими дюймами, равняющiйся 0·7112 частямъ международнаго метра (съ точностью до миллiонной части метра) и выраженный въ образцовомъ нарѣзномъ аршинѣ (прототипѣ) изъ иридистой платины, носящемъ знаки „$\underset{\text{II}}{\text{H}}$ 1894".

Подъ словами „международный килограммъ" и „международный метръ" слѣдуетъ понимать тотъ килограммъ подъ № III и съ мѣткою К и тотъ метръ подъ № 6 и съ мѣткою М, которые принадлежатъ Международному бюро мѣръ и вѣсовъ въ Парижѣ, и которые ничѣмъ не отличаются отъ эталоновъ-прототиповъ, въ предѣлахъ точности сравненiй.

Интересно сопоставить указанныя числа съ числами Купфера и комиссiи 1835 г.:

1 фунтъ = 0·4095174 kgr.
1 аршинъ = 0·711182 m.

Послѣднiя числа показываютъ насколько точны были изслѣдованiя академика Купфера.

„Отнынѣ больше не будетъ трудностей при точномъ сравненiи величинъ, измѣренныхъ въ разныхъ странахъ. А имя Императорской Академiи Наукъ въ С.-Петербургѣ, которая своею инициативою и своею настойчивостью болѣе всего содѣйствовала этому счастливому результату, останется навсегда тѣсно связаннымъ съ исторiею этого великаго прогресса точныхъ наукъ".

Такъ закончили свой докладъ русскiе делегаты на Общей конференцiи метра, собиравшейся въ Парижѣ въ сентябрѣ 1889 года, когда они представляли Императорской Академiи наукъ привезенные ими эталоны метра и килограмма.

Будемъ надѣяться, что историкъ наступающаго вѣка отмѣ-

титъ не только иниціативу русскихъ академиковъ въ дѣлѣ пропаганды метрической системы мѣръ и вѣсовъ въ разныхъ государствахъ земного шара, но и активную роль русскаго народа въ дѣлѣ ея скораго усвоенія и повсемѣстнаго распространенія по Имперіи, разрѣшеннаго, наконецъ, закономъ 4 іюня 1899 года.

Озираясь назадъ, мы видимъ, что въ теченіе прожитыхъ ста лѣтъ метрическая система мѣръ и вѣсовъ заняла выдающееся и почетное мѣсто среди образованныхъ людей всего земного шара, хотя кое-гдѣ все еще помнятъ и старыя національныя мѣры. Но пройдетъ еще вѣкъ—другой и національныя мѣры будутъ забыты народами, ставъ достояніемъ исторіи и музеевъ. Тогда не будетъ у людей иной системы мѣръ кромѣ метрической, децимальной, и тогда осуществится хотя въ этой ограниченной области человѣческихъ сношеній тотъ союзъ братства, о которомъ главные члены комиссіи мѣръ и вѣсовъ мечтали еще сто лѣтъ назадъ, начертывая на медали (которую правительство постановило выбить въ память работъ комиссіи) знаменательныя слова, приведенныя эпиграфомъ къ настоящей статьѣ.

Кіевъ, Октябрь 1900 г.

Движенія частицъ твердаго тѣла

В. Спринга [1]).

Главныя состоянія аггрегаціи вещества—твердое, жидкое и газообразное—считались совершенно различными; каждому изъ нихъ приписывались исключительныя свойства. Этотъ взглядъ былъ естественнымъ послѣдствіемъ тѣхъ неполныхъ свѣдѣній, которыми мы обладали относительно вещества; при ближайшемъ ознакомленіи съ его свойствами, этотъ взглядъ необходимо долженъ былъ измѣниться.

Соотношенія между *газообразнымъ* и *жидкимъ* состояніемъ

---

[1]) Сокращенный переводъ доклада на физическомъ конгрессѣ 1900 г.: „Propriétés des solides sous pression, diffusion de la matière solide; mouvements internes de la matière solide; par *W. Spring*, prof. à l'université de Liège".

обнаружились еще при первыхъ опытахъ Фарадея надъ сжиженіемъ газовъ; сравненіе *твердыхъ тѣлъ* съ *жидкостями* привело также къ интереснымъ даннымъ; было бы очень важно привести ихъ въ порядокъ.

Однако цѣль моего доклада болѣе скромная: я ограничусь группировкою свойствъ твердыхъ тѣлъ, подвергнутыхъ сильному давленію.

1) *Пластичность твердыхъ тѣлъ.* Еще Треска показалъ, что—при помощи давленія—въ твердыхъ тѣлахъ можно обнаружить такія свойства, которыя прежде считались исключительною характеристикою жидкаго состоянія.

При помощи гидравлическаго пресса онъ сжималъ металлическіе листы, наложенные другъ на друга въ цилиндрическомъ сосудѣ, на днѣ котораго было сдѣлано отверстіе; онъ замѣтилъ, что при этомъ параллелизмъ слоевъ не сохраняется, но что металлы *вытекали* изъ отверстія въ видѣ трубокъ, надѣтыхъ одна на другую.

Эти факты имѣютъ громадную важность для познанія природы твердаго состоянія. Старое опредѣленіе этого состоянія должно быть брошено. Твердыя тѣла не образуютъ отдѣльной группы; они отличаются отъ жидкостей лишь бо́льшимъ внутреннимъ треніемъ. Треска совершенно справедливо заключилъ, что „давленіе, производимое въ какой-нибудь точкѣ твердаго тѣла, также передается во всю его массу и вызываетъ истеченіе тамъ, гдѣ сопротивленіе всего меньше". Иначе говоря, законы гидростатики и гидродинамики примѣняются къ твердымъ тѣламъ, подвергнутымъ большимъ давленіямъ.

Понятно, что эта способность истекать сильно измѣняется съ веществомъ: бываютъ тѣла, какъ стекло или кварцъ, совершенно не обладающія этою способностью и не вытекающія изъ отверстія сосуда, развѣ только въ видѣ болѣе или менѣе мелкаго порошка.

2) *Упругость твердыхъ тѣлъ подъ большимъ давленіемъ.* Когда къ твердому тѣлу приложены механическія силы, оно тотчасъ деформируется. Если предѣлъ упругости превзойденъ, деформація въ твердомъ тѣлѣ остается навсегда. Было принято думать, что эти постоянныя деформаціи могутъ происходить не только вслѣдствіе растяженія, гнутія или крученія, но также и вслѣдствіе всесторонняго сжатія, если только оно достаточно; думали, что твердое тѣло способно принимать постоянное сжа-

тіе, какъ оно способно принимать постоянное удлиненіе. Установленію такого взгляда не мало способствовало то обстоятельство, что твердыя тѣла, испытавъ сильное сжатіе, очень часто принимаютъ бо́льшую плотность; это увеличеніе плотности приписывали не раздавливанію пустотъ, которыя могли быть въ твердомъ тѣлѣ, но конденсаціи самого вещества, влекущей за собою болѣе или менѣе глубокія измѣненія въ его твердости и ковкости. Иногда высказывалась мысль о томъ, что чрезвычайно сильнымъ сжатіемъ одно простое тѣло можетъ превращаться въ другое болѣе плотное, напр. сѣра можетъ превращаться въ селенъ, мышьякъ—въ сурьму и т. п.

Работы Спринга разъяснили вопросъ. Оказывается, что при гидростатическомъ сжатіи *уменьшеніе объема твердаго тѣла не можетъ быть постояннымъ*, какія бы усилія ни употреблялись. Въ случаѣ уменьшенія объема нѣтъ предѣла упругости; но для каждаго давленія есть предѣлъ сжимаемости. Каково бы ни было уменьшеніе объема въ то время, когда дѣйствуетъ давленіе, тѣло принимаетъ всегда свой первоначальный объемъ, какъ только прекращается давленіе, такимъ образомъ *твердыя тѣла обладаютъ совершенною упругостью.*

Твердое тѣло помѣщалось внутрь небольшаго цилиндра изъ закаленной стали; внѣшній діаметръ его былъ 4 cm., а внутренній 0·8 cm.; плотно входящій поршень опускался въ цилиндръ дѣйствіемъ рычага, нагруженнаго гирею и медленно опускаемаго винтомъ.

Твердое тѣло, плотность котораго была опредѣлена предварительно, подвергалось первому сжатію въ теченіе трехъ недѣль, послѣ чего плотность его снова опредѣлялась; затѣмъ тѣло опять вводили въ компрессоръ и еще разъ сжимали; когда грузъ снимали съ рычага, послѣдній постепенно поднимался: *сжатое тѣло принимало свой первоначальный объемъ*; этотъ результатъ подтверждается измѣреніями плотности послѣ второго сжатія.

Итакъ можно принять, что твердыя тѣла подъ большими давленіями обладаютъ — по отношеніи къ упругости — тѣми же свойствами, какъ жидкости и газы; отъ этихъ послѣднихъ твердое тѣло отличается лишь тѣмъ, что вовсе не обладаетъ расширяемостью газовъ и обладаетъ лишь въ очень слабой степени испаряемостью жидкостей [1]).

---

[1]) См. слѣдующую статью.

3) *Спаиваніе давленіемъ.* Теперь мы докажемъ, что твердыя тѣла — на подобіе жидкостей — обладаютъ способностью *смѣшиваться*; они даже спаиваются при обыкновенной температурѣ; для этого надо только привести тѣла въ дѣйствительное соприкосновеніе. Этотъ фактъ чрезвычайно важенъ для объясненія сцѣпленія.

Вотъ опыты Спринга. Мелкій порошокъ испытуемаго вещества помѣщался въ цилиндръ компрессора, затѣмъ при помощи нагруженнаго рычага поршень медленно опускался до тѣхъ поръ, пока не развивалось значительное давленіе, которое иногда оцѣнивалось въ 20000 atm.; вообще достаточно бывало 1000 atm. и даже менѣе. Число испытанныхъ различныхъ тѣлъ было 83. Результаты опытовъ можно формулировать такъ: *всѣ тѣла, способныя деформироваться подъ давленіемъ не разрушаясь, сплавляются также крѣпко, какъ если бы они при этомъ расплавлялись*; тогда какъ другія тѣла извлекались изъ компрессора въ видѣ такого же порошка, какимъ они туда помѣщались.

Металлы дали результаты, находящіеся въ прямомъ соотношеніи съ ихъ ковкостью. Сплавливаніе было совершенное въ тѣхъ частяхъ, гдѣ металлъ могъ *течь*, напр. на своей поверхности и въ щеляхъ компрессора; оно было несовершенно внутри цилиндра.

Хлористыя, бромистыя и іодистыя соединенія, а также азотнокислыя, сѣрнокислыя, сѣрноватистокислыя, фосфорнокислыя соли щелочныхъ металловъ замѣчательно сплавлялись; они давали сплошную массу, въ которой не было замѣтно даже слѣдовъ первоначальныхъ зеренъ; иногда они представляли даже слѣды прозрачности, ясное доказательство ихъ плавленія. Тѣла же, какъ стекло, мѣлъ, алюминій, уголь и т. п. соединялись слабо или вовсе не соединялись.

Иногда высказывалось мнѣніе, что истинная причина сплавливанія въ данномъ случаѣ заключалась въ повышеніи температуры, обусловливаемомъ сжатіемъ, и что это нагрѣваніе достаточно для того, чтобы твердыя зерна сплавлялись съ своей поверхности. Но это мнѣніе невѣрно: тѣла наиболѣе плавкія не всегда лучше другихъ сплавляются давленіемъ; наконецъ при условіяхъ опыта повышеніе температуры было совершенно устранено или ничтожно, такъ какъ сжатіе производилось чрезвычайно медленно.

Конечно давленіе было не единственнымъ факторомъ въ описываемыхъ явленіяхъ; иначе всѣ тѣла сплавлялись бы при до-

статочномъ давленіи; пластичность матеріала должна играть важную роль въ успѣхѣ опыта; кромѣ того здѣсь должна происходить еще диффузія твердыхъ тѣлъ, которая нарушаетъ преграды между ними.

4) *Диффузія твердыхъ тѣлъ.* Теперь извѣстно много случаевъ, въ которыхъ обнаруживается диффузія одного твердаго тѣла въ другое. Если свариваніе твердыхъ тѣлъ дѣйствительно зависитъ отъ диффузіи частицъ чрезъ поверхность соприкосновенія, то слѣдуетъ ожидать, что сжатіе двухъ разныхъ металловъ произведетъ *сплавъ*, а не только простую смѣсь частицъ, сохраняющихъ свои индивидуальныя свойства. Это заключеніе вполнѣ оправдывается опытомъ: сдавливая смѣсь порошковъ олова и мѣди, получаемъ бронзу; порошки цинка и мѣди при тѣхъ же условіяхъ даютъ латунь; порошки мѣди и сюрьмы образуютъ сплавъ характернаго фіолетоваго цвѣта; наконецъ смѣсь порошковъ висмута, олова, свинца и кадмія образуетъ сплавъ, плавящійся въ кипящей водѣ и совершенно подобный тому, который получается плавленіемъ. Образованіе этихъ сплавовъ указываетъ на то, что твердыя тѣла медленно диффундируютъ одно въ другое, какъ въ растворителѣ диффундируетъ растворимое твердое тѣло. Слѣд. твердыя тѣла способны къ взаимному растворенію при температурахъ ниже точки плавленія и могутъ образовать *твердые растворы.*

Но, подобно тому, какъ не всѣ твердыя тѣла растворимы въ данной жидкости, такъ не всѣ они одинаково легко растворяются въ данномъ твердомъ тѣлѣ. Если это сплавленіе есть дѣйствительно слѣдствіе растворимости, то необходимо, чтобы тѣла, не способныя растворяться одно въ другомъ, не только не образовывали сплавовъ при нагрѣваніи, но и не сплавлялись при сжатіи. Опытъ подтверждаетъ это заключеніе. Извѣстно, что расплавленные свинецъ и цинкъ не растворяются взаимно; послѣ перемѣшиванія, они раздѣляются, какъ масло и вода; только при высокихъ температурахъ растворение этихъ металловъ становится замѣтнымъ. Если сжать смѣсь порошкообразныхъ свинца и цинка или висмута и цинка, то получается масса кусочковъ цинка, окруженныхъ свинцомъ или висмутомъ, а не однородная масса.

Спаиваніе металловъ и образованіе сплавовъ можетъ наконецъ происходить *помимо всякаго сжатія*; въ такомъ случаѣ неизбѣжно принять диффузію за причину спайки. Вотъ опытъ Спринга. Изъ испытуемыхъ тѣлъ (золота, платины, серебра, мѣ-

ди, цинка, свинца, сюрьмы, висмута и проч.) были приготовлены цилиндры, основанія коихъ были плоско сточены на токарномъ станкѣ; эти цилиндры имѣли 2 cm. въ діаметрѣ и 5 cm. высоты. Два цилиндра совершенно свѣжими основаніями ставились одинъ на другой; верхній цилиндръ прижимался къ нижнему только своимъ вѣсомъ. Повышеніе температуры значительно ускоряло диффузію тѣлъ; но температура поддерживалась всегда гораздо ниже соотвѣтственной точки плавленія; напр. для платины на 1600° ниже этой температуры, для золота и мѣди—на 800°. Продолжительность соприкосновенія металловъ измѣнялась отъ 3 до 12 часовъ. Результатъ былъ поразиительный: цилиндры одного и того же металла настолько спаивались, что образовывали одинъ сплошной кусокъ; даже послѣ обтачиванія боковой поверхности цилиндра нельзя было замѣтить мѣста ихъ соединенія; разные металлы также соединялись, образуя сплавъ по поверхности прикосновенія; такъ цинкъ и мѣдь образовывали слой латуни въ 1/4 mm. толщины, а олово и свинецъ соединялись на толщинѣ 6 mm.; наконецъ металлы, не способные къ взаимному раствоpенію (цинкъ и свинецъ, цинкъ и висмутъ), давали лишь зародышъ соединенія, не имѣвшаго никакой крѣпости. Совокупность этихъ фактовъ ясно доказываетъ способность тѣлъ взаимно диффундировать, а также важную роль диффузіи въ явленіи *спаиванія*.

5) *Диффузія твердыхъ тѣлъ подъ вліяніемъ электричества.* Прежде думали, что твердыя тѣла проводятъ электричество, не разлагаясь; но Гитторфъ показалъ, что сѣрнистое серебро (Ag_2S) и сѣрнистая мѣдь (Cu_2S) суть электролиты; Гроссъ показалъ, что многія твердыя соли—на подобіе электролитовъ и въ противоположность металламъ—увеличиваютъ свою электропроводность съ повышеніемъ температуры. Если вспомнить, что во всякомъ электролитѣ электричество переносится, благодаря *перемѣщенію іоновъ*, то естественно принять, что *въ твердыхъ тѣлахъ существуетъ внутреннее движеніе, по крайней мѣрѣ движеніе іонизованнаго вещества.*

При электролизѣ твердой сѣрнистой мѣди на анодѣ отлагается сѣра, а на катодѣ мѣдь, при чемъ послѣдняя образуетъ не слой, а пучокъ тонкихъ нитей, какъ бы выходящихъ изъ твердой массы; металлъ можетъ принять такое строеніе только въ томъ случаѣ, если онъ выдавливается скопленіемъ стремящихся къ ка-

тоду іоновъ; это обязываетъ насъ принять, что внутри твердаго тѣла происходятъ дѣйствительныя перемѣщенія частицъ.

Варбургъ далъ доказательство перемѣщенія частицъ чрезъ стекло. Натріевая амальгама наливалась въ пробирку, которая погружалась въ ртуть; въ амальгаму и въ ртуть опускались концы цѣпи съ 30 элементами Бунзена; послѣ нѣкотораго времени амальгама теряла часть натрія, но пробирка не увеличивалась въ вѣсѣ: частицы натрія, перемѣщаемыя токомъ изъ амальгамы въ стекло, вытѣсняли оттуда ранѣе находившіяся частицы натрія; на анодѣ кремній не отлагался (стекло оставалось прозрачнымъ и послѣ того, какъ пропускало значительное количество натрія); здѣсь электролизъ происходитъ такъ, какъ еслибы одинъ катіонъ (натрій) проходилъ сквозь кремніевую сѣть. Этотъ опытъ заставляетъ принять, что въ твердомъ стеклѣ іоны натрія перемѣщаются токомъ.

Изъ всего сказаннаго можно вывести одно общее заключеніе: твердое состояніе вещества, какъ особое или рѣзко противоположное другимъ, вовсе не существуетъ; это, если можно такъ выразиться, есть лишь продолженіе жидкаго состоянія; понятіе „твердое состояніе" нельзя даже точно опредѣлить.

Перегонка металловъ

Г. Кальбаума [1].

Фракціонная перегонка, столь часто употребляемая для очистки жидкостей, примѣнима и къ металламъ; для этого надо имѣть перегонную печь, разрѣжающій насосъ и манометръ; но надо имѣть такой насосъ, который бы цѣлые дни и недѣли поддерживалъ давленіе въ нѣсколько стотысячныхъ миллиметра, такой манометръ, который бы показывалъ эти ничтожныя давленія, и такой сосудъ, который бы дни и недѣли выдерживалъ температуры въ 1000° и даже 1600°.

---

[1]) Сокращенный переводъ сообщенія на Мюнхенскомъ съѣздѣ натуралистовъ 1899 г. *G. Kahlbaum*, Ueber Metalldistillation.

Опыты были начаты съ легко кипящихъ щелочныхъ металловъ, именно съ натрія и калія; они заключались въ запаянное колѣно ∩-образной трубки, погруженной въ тигель съ легкоплавкимъ металломъ; другое колѣно трубки служило перегоннымъ сосудомъ; трубка соединялась съ разрѣжающимъ насосомъ.

Въ стекляной трубкѣ можно было перегонять цѣлый рядъ металловъ: висмутъ, серебро, кадмій, магній, талій и т. д. При очень высокихъ температурахъ, которыя необходимы въ опытахъ съ другими металлами, стекло становится мягкимъ и сдавливается наружнымъ воздухомъ; тогда внутрь стекляной трубки вставляется платиновый или фарфоровый тигель; дно такого тигля, раскаляясь, становится достаточно прозрачнымъ для того, чтобы видѣть что̀ въ немъ происходитъ и знать когда начинается перегонка. Въ опытахъ съ такими металлами, какъ желѣзо, хромъ, никкель и т. п., стекляныя трубки приходится замѣнять фарфоровыми.

Нагрѣвались трубки на газовой паяльной горѣлкѣ, въ которую вдувался воздухъ; иногда воздухъ здѣсь замѣнялся кислородомъ; но въ такомъ пламени нагрѣваніе нельзя производить дольше часа или двухъ; тамъ все сгораетъ, а фарфоръ плавится и капаетъ.

Температуры опредѣлялись платиново-иридіевымъ термоэлементомъ. Упругость измѣрялась Макъ-Лодовскимъ волюмметромъ.

Вотъ вещества, которые удалось дистиллировать: селенъ, теллуръ, калій, натрій, литій, висмутъ, сюрьма, кадмій, магній, алюминій, серебро, мѣдь, золото, никкель, желѣзо, хромъ, олово и цирконій.

Приведемъ главные результаты описываемыхъ опытовъ.

Серебро и магній дистиллируются при сравнительно низкихъ температурахъ; они возгоняются.

Мѣдь перегоняется безъ затрудненій, но только въ фарфоровыхъ трубкахъ; въ перегонномъ сосудѣ образуются прекрасные кристаллы мѣди кубической или октаэдрической формы.

Золото закипаетъ сравнительно легко и перегоняется въ стеклѣ; температура его кипѣнія выше температуры кипѣнія мѣди, а послѣдней—выше температуры кипѣнія серебра. Пары золота осѣдаютъ тоже въ видѣ кристалловъ, которые отчасти кубической, отчасти октаэдрической формы.

Желѣзо осаждается въ мелкіе блестящіе кристаллы той же формы кубовъ и октаэдровъ. Замѣчательно, что желѣзо и мѣдь,

очищенные перегонкою, не окисляются на обыкновенномъ воздухѣ. При перегонкѣ названныхъ четырехъ металловъ температура доводилась до 1000° Ц. и давленіе опускалось до 0·00005 mm.

Дѣлались опыты и со сплавомъ изъ алюминія и цирконія. Металлъ замѣтнымъ образомъ испарялся; на глазури, покрывающей фарфоръ, образовывался сильный налетъ, сгоравшій бѣлымъ пламенемъ; подъ микроскопомъ видны были застывшія капельки; по всей вѣроятности это былъ алюминій съ кремніемъ. Остатокъ въ нагрѣвавшейся трубкѣ былъ кристаллическаго строенія, очевидно преимущественно цирконій.

Наконецъ была дистиллирована германская никкелевая монета въ 10 пфенниговъ; она имѣетъ массу въ 4 gr., изъ коихъ 1 gr. мѣди; эти 25% мѣди безъ труда были выдѣлены фракціонною перегонкою: чистый никкель (съ потерею лишь 0·95 gr.) остался въ нагрѣвавшейся трубкѣ, а мѣдь съ небольшою примѣсью никкеля перешла въ перегонный сосудъ и осѣла на его стѣнкахъ въ видѣ зеркальнаго слоя, который постепенно краснѣлъ и наконецъ принялъ ярко-красный цвѣтъ.

Теорія іоновъ

Г. Ф. Фитцъ-Джеральда [1].

Съ тѣхъ поръ, какъ Фарадей открылъ законъ электролиза, состоящій въ томъ, что одно и то же количество электричества проходитъ, когда выдѣляются химически эквивалентныя массы различныхъ веществъ, явился вопросъ, не обусловливается-ли это частичными зарядами электричества. Когда описываютъ электролизъ или объясняютъ какимъ образомъ выдѣляемыя вещества появляются только на электродахъ, не обнаруживая никакихъ дѣйствій въ промежуточномъ пространствѣ, всегда дѣлаютъ предположеніе объ электрическихъ зарядахъ атомовъ. Нѣкоторымъ веществамъ, какъ водороду, приписываютъ при этомъ положительный зарядъ, и другимъ, какъ хлору,—отрицательный, и элек-

---

[1]) Переводъ съ англійскаго: „The theory of ions. G. F. F. G." (т. е. G. F. Fitz-Gerald).

трическій токъ чрезъ жидкость объясняютъ переносомъ этихъ зарядовъ движущимися атомами или группами атомовъ, а самое ихъ движеніе приписываютъ электрической силѣ, дѣйствующей на эти заряды. Величина заряда каждаго атома или группы атомовъ принимается пропорціональною ихъ атомности, а такъ какъ послѣднее (и совершенно основательно) всегда выражается цѣлыми числами, то приписываемые движущимся элементамъ заряды тоже являются кратными отъ того заряда, который приписывается одновалентному атому, напр. атому водорода или хлора. Все это естественнымъ образомъ привело къ гипотезѣ, что само электричество дѣлится на „атомы". Наконецъ въ электролизѣ существуетъ нѣкоторый наименьшій зарядъ, который соотвѣтствуетъ простому атомному соединенію, и количества электричествъ, которыя переносятся при электролизѣ, бываютъ всегда кратными этой единицы. Естественно дать названіе этой важной единицѣ электричества и ее назвали *электрономъ*.

Далѣе въ электролизѣ электроны всегда являются соединенными съ нѣкоторыми атомами или съ группами атомовъ, вмѣстѣ съ которыми и перемѣщаются; напр. въ растворѣ мѣднаго купороса положительные электроны перемѣщаются по двое вмѣстѣ съ двухвалентными атомами мѣди, а отрицательные электроны вмѣстѣ съ двухвалентными группами атомовъ SO_4. Эти заряженные атомы или группы атомовъ, играющіе столь важную роль въ электролизѣ, были названы *іонами*.

Различныя жидкости относятся очень различно къ току, который мы чрезъ нихъ пропускаемъ. Нѣкоторыя изъ нихъ очень легко при этомъ разлагаются; другія представляютъ ему очень большое сопротивленіе. Причина такой разницы была предметомъ очень интересныхъ изысканій. Наиболѣе легко разлагаемыя жидкости суть водные растворы кислотъ, щелочей и солей; они прежде всего обратили на себя вниманіе. Въ этихъ же растворахъ очень легко происходятъ двойныя разложенія и вообще химическія реакціи. Можно-ли дать простое объясненіе этому замѣчательному совпаденію электрической проводимости и химической дѣятельности?

Электропроводность обусловливается двумя факторами: во-первыхъ электрическими зарядами іоновъ и во-вторыхъ движеніемъ (подъ вліяніемъ электрическихъ силъ) положительныхъ іоновъ независимо отъ движенія отрицательныхъ. Минуя интересные вопросы о происхожденіи этихъ зарядовъ и о причинѣ под-

вижности іоновъ, современная теорія принимаетъ, что вода (а въ меньшей степени и нѣкоторыя другія жидкости) обладаетъ свойствомъ сообщать нѣкоторымъ растворяющимся въ ней веществамъ подвижность іоновъ, которую мы наблюдаемъ при электролизѣ; вслѣдствіе подвижности этихъ различно наэлектризованныхъ іоновъ, легко понять ихъ химическую дѣятельность въ проводящихъ растворахъ; такимъ образомъ эти два важныхъ свойства нашихъ растворовъ получаютъ простое объясненіе. До сихъ поръ не было предложено удовлетворительнаго объясненія какимъ образомъ вода, растворивъ какое-нибудь вещество, сообщаетъ его іонамъ подвижность. Нѣкоторые авторы описывали явленіе такъ, какъ если бы все нужное заключалось въ утвержденіи, что разноименные іоны движутся независимо другъ отъ друга; напр. $CuSO_4$ просто диссоціируется на Cu и SO_4 и что эти іоны бродятъ въ жидкости свободно и независимо другъ отъ друга; эти авторы послѣдовательно говорятъ о веществѣ, какъ диссоціированномъ въ растворѣ. При обыкновенной химической диссоціаціи составныя части, на которыя распадается вещество, не электризуются противоположно; въ этомъ заключается существенная разница между наэлектризованными іонами, движущимися независимо въ растворѣ, и тѣми частицами, которыя получаются при химической диссоціаціи. Хотя мы и не знаемъ какія измѣненія испытываетъ вещество при образованіи электролита, но несомнѣнно, что они сложнѣе, чѣмъ простая химическая диссоціація, и очевидно, что вліяніе воды при этомъ имѣетъ первостепенную важность. Чрезвычайно трудно объяснить эту независимость движеній положительныхъ и отрицательныхъ іоновъ, особенно въ виду двухъ обстоятельствъ, которыя до сихъ поръ необъяснены удовлетворительнымъ образомъ. Во-первыхъ очень трудно понять: почему эти противоположно наэлектризованные іоны не соединяются попарно, какъ бы это они должны были сдѣлать подъ вліяніемъ своихъ взаимодѣйствій. Во-вторыхъ очень трудно понять, откуда берется энергія необходимая для раздѣленія этихъ іоновъ и для поддерживанія ихъ свободными однихъ отъ другихъ. Когда мѣдный купоросъ растворяется въ водѣ, температура измѣняется очень незначительно; если возьмемъ безводную соль, температура повышается; между тѣмъ естественно было бы ожидать громаднаго поглощенія тепла для объясненія всей той энергіи, которая необходима для отдѣленія Cu отъ SO_4. Отсюда видно, насколько это явленіе отличается отъ обыкновен-

ной диссоціаціи; при раствореніи вода слѣд. производитъ совершенно особое дѣйствіе, которое было названо „іонизаціею". Два главнѣйшихъ свойства іонизованной жидкости суть электропроводность и замѣчательная химическая дѣятельность, которая въ прямой зависимости отъ первой.

Кромѣ жидкихъ бываютъ и газообразные проводники электричества. Обыкновенно газы вовсе не проводятъ электричества; даже при обстоятельствахъ, когда совершенно естественно ожидать переноса зарядовъ ихъ молекулами, они повидимому совершенно неспособны это дѣлать. Когда жидкость наэлектризована съ поверхности и испаряется, было бы естественно ожидать, что отдѣляющіяся частицы жидкости унесутъ съ собою часть заряда ея поверхности. Если бы металлъ обращался въ паръ, то не извѣстно заимствовали ли бы эти пары что-нибудь изъ поверхностнаго заряда металла, но несомнѣнно, что испаряющаяся жидкость дѣлаетъ это въ очень слабой степени. Это, конечно, можетъ быть потому, что заряды несутся *іонами*, а изъ жидкости вырываются не іоны, а *молекулы* самой жидкости. Но почему эти чрезвычайно подвижные іоны не могутъ выдѣляться какъ газъ чрезъ поверхность жидкости, это вопросъ, требующій еще разъясненій.

Однако во многихъ случаяхъ газы проводятъ электричество. Оставляя въ сторонѣ искровой и дуговой разряды въ газахъ обыкновеннаго давленія и хорошо извѣстные разряды въ разрѣженныхъ газахъ (во всѣхъ этихъ случаяхъ, очевидно, происходитъ нѣчто подобное прорыванію самого газа подъ дѣйствіемъ значительныхъ электрическихъ силъ), мы наблюдаемъ много случаевъ, въ которыхъ даже подъ дѣйствіемъ совсѣмъ малыхъ электрическихъ силъ газъ можетъ проводить электричество. Внутри пламени и въ газообразныхъ продуктахъ горѣнія, въ сосѣдствѣ съ поверхностью твердаго тѣла, которое освѣщено ультрафіолетовыми лучами, близъ поверхности трердыхъ тѣлъ, на которыя окружающіе газы дѣйствуютъ химически, въ газѣ, пронизываемомъ катодными, или рëнтгеновскими, или наконецъ беккерелевскими лучами—во всѣхъ этихъ случаяхъ, газы проводятъ и даже легко проводятъ электричество. Во всѣхъ этихъ случаяхъ считаютъ газъ *іонизованнымъ* и стараются найти іоны, которые движутся отдѣльно и независимо другъ отъ друга. Эти изслѣдованія сопровождались большимъ успѣхомъ. Трудности, которыя мы встрѣчаемъ при объясненіи іонизаціи жидкости, здѣсь въ большинствѣ

случаевъ отсутствуютъ: предоставленные сами себѣ іоны въ газахъ соединяются попарно вмѣстѣ и требуется непрерывная и значительная затрата энергіи для ихъ разъединенія. Диффузія свободныхъ электричествъ была изучена и были найдены нѣкоторые количественные результаты, предсказываемые теоріею.

Впрочемъ есть важная разница между проводимостью газа и проводимостью жидкости. Когда въ жидкости электричество перемѣщается вмѣстѣ съ веществомъ, послѣднее всегда является въ видѣ атома или группы атомовъ. Есть основаніе думать, что въ случаѣ газовъ мы часто имѣемъ дѣло съ электрическими зарядами, которые, если только соединены съ матеріею, то соединены съ массами, въ 500 разъ меньшими массы атома водорода. До сихъ поръ еще нѣтъ никакихъ твердыхъ основаній, чтобы рѣшить вопросъ: переносится-ли матерія вмѣстѣ съ электричествомъ, когда послѣднее проходитъ по газу? Повидимому нѣтъ затрудненія предположить, что электрическій зарядъ атома можетъ существовать независимо отъ атома. Всѣ теоріи электролиза предполагаютъ, что внутри жидкости электрическіе заряды переносятся матеріальными атомами; но тѣ же теоріи принимаютъ, что при переходѣ изъ электролита въ электродъ электрическіе заряды покидаютъ атомы жидкости; если же зарядъ можетъ переходить съ одного атома на другой, то онъ долженъ существовать самостоятельно. Описывая различіе между проводимостями газа и жидкости, слѣдуетъ оставить терминъ *іонизація* для проводимости, обусловливаемой подвижностью заряженныхъ атомовъ или групъ атомовъ, а въ случаѣ проводимости, обязанной существованіемъ подвижныхъ электрическихъ зарядовъ, которые не связаны съ атомами, надо употреблять другой терминъ, напр. *электронизація*.

Одинъ изъ самыхъ замѣчательныхъ результатовъ изученія этихъ подвижныхъ электрическихъ зарядовъ, которые не связаны съ атомами, состоитъ въ томъ, что лишь одни отрицательные заряды могутъ освобождаться отъ атомовъ; соотвѣтствующіе положительные заряды повидимому всегда связаны съ атомами или съ группами атомовъ. Это естественно повело къ реабилитаціи старой теоріи одной электрической жидкости, въ которой матерія играетъ роль положительной жидкости прежней теоріи двухъ электрическихъ жидкостей; явленіе электронизаціи доставляетъ нѣкоторую поддержку этой гипотезѣ. Но въ дѣйствительности мы еще такъ мало знаемъ объ этомъ предметѣ, что было бы слиш-

комъ рано что-нибудь создавать, основываясь на столь грубо составленныхъ гипотезахъ. Пока существуютъ непринятые во вниманіе факторы, какъ напр. тяжесть, было бы преждевременно заключать, что связь положительнаго электричества съ матеріею доказываетъ существенную разницу между положительнымъ и отрицательнымъ электричествами.

Въ нѣкоторомъ отношеніи проводимость газовъ, обусловливаемая давленіемъ этихъ движущихся электрическихъ зарядовъ, болѣе походитъ на проводимость металловъ, чѣмъ на проводимость жидкостей. Въ жидкостяхъ электрическій токъ всегда сопровождается потокомъ вещества, тогда какъ въ электронизованномъ газѣ, насколько это было наблюдаемо, можетъ и не быть потока вещества, связаннаго съ электрическими зарядами, движеніе коихъ образуетъ токъ. Имѣются достаточныя основанія предполагать, что въ твердыхъ тѣлахъ и въ расплавленныхъ металлахъ, обладающихъ металлическою проводимостью, электроны перемѣщаются свободно, и что въ этомъ заключается причина проводимости металловъ; можно думать, что и здѣсь отрицательные электроны движутся свободнѣе, чѣмъ положительные. Дѣлались предположенія, что движущіеся внутри металла электроны производятъ—на подобіе частицамъ газа—давленіе, а переносъ тепла, сопровождающій токъ, приписывали переносу электронами энергіи своего неправильнаго (теплового) движенія. Явленіе Голля тоже можетъ быть слѣдствіемъ различной подвижности положительныхъ и отрицательныхъ электроновъ.

Опираясь на эти принципы, естественно и магнитныя свойства желѣза и другихъ тѣлъ объяснять электронами, которыя описываютъ замкнутыя пути вокругъ атомовъ. Такіе обращающіеся электроны представляютъ въ данномъ случаѣ *амперовскіе молекулярные токи*, которымъ уже давно приписывалось магнитное состояніе тѣлъ. И явленіе Зеемана на основаніи этихъ же принциповъ можетъ быть объяснено предположеніемъ, что отрицательные электроны описываютъ орбиты вокругъ атомовъ; при этомъ было доказано, что въ явленіи Зеемана масса той матеріи, которая движется вмѣстѣ съ электронами, приблизительно равна 1/500 массы атома водорода; по опытамъ съ электронизаціею газовъ, такая масса, повидимому, всегда сопровождаетъ свободные электроны въ газѣ, когда онъ проводитъ электричество.

Есть основаніе думать, что въ сильно намагничивающихся тѣлахъ, какъ желѣзо, въ каждомъ атомѣ имѣется вращающихся

электроновъ въ четыре раза больше, чѣмъ бы это слѣдовало по атомности тѣлъ, или что повторяемость ихъ вращеній гораздо больше, чѣмъ повторяемость свѣтовыхъ колебаній. Противъ послѣдней гипотезы можно сдѣлать возраженіе въ виду трудности объяснить почему при этомъ не образуются въ окружающей средѣ страшно быстрыхъ эѳирныхъ волнъ и почему энергія движенія не теряется лучеиспусканіемъ. Эти трудности еще можно устранить; но другая гипотеза, что вещество имѣетъ гораздо больше электроновъ, чѣмъ это соотвѣтствуетъ ея атомности, наводитъ на интересную гипотезу, что вся матерія состоитъ изъ электроновъ; такъ атомъ водорода состоитъ приблизительно изъ 500 электроновъ, атомъ кислорода изъ 800 и т. д.; въ этихъ гипотезахъ заключено представленіе, что атомы построены изъ электроновъ; слѣд. электроны могутъ отдѣляться отъ матеріи. Если принять эти гипотезы, то должно признать, что мечты алхимиковъ не такъ уже несбыточны, и, пожалуй, одинъ „химическій элементъ" когда-нибудь будетъ превращенъ въ другой. Впрочемъ, указанныя гипотезы не имѣютъ достаточно прочныхъ основаній, и все, что мы до сихъ поръ знаемъ, заставляетъ насъ предполагать, что матерія и электричество различны по существу и не могутъ претворяться одно въ другое.

Того немного, что было сказано, достаточно, чтобы видѣть какъ обширны предѣлы теоріи іоновъ: она простирается до самыхъ границъ нашихъ познаній; успѣхи этой теоріи, вѣроятно, разсѣютъ туманъ, окружающій наши представленія о матеріи и эѳирѣ, и положатъ основанія для доступнаго нашему разумѣнію строенія вселенной.

Оригинальные приборы физической лабораторіи Спб. университета

В. В. Лермонтова.

За послѣдніе тридцать пять лѣтъ въ нашей лабораторіи было выработано много болѣе или менѣе оригинальныхъ приборовъ; одни изъ нихъ были построены для практическихъ занятій студентовъ, начатыхъ въ 1865 г. по иниціативѣ проф. Ѳ. Ѳ. Петру-

шевскаго, другіе для лекціонныхъ демонстрацій, наконецъ третіе для надобностей элементарнаго преподаванія. Нѣкоторые изъ этихъ приборовъ оказались практичными и были изготовлены въ большомъ числѣ экземпляровъ механикомъ при нашей лабораторіи, В. Л. Франценомъ; въ изобрѣтеніи этихъ приборовъ принимали участіе всѣ дѣятели нашей лабораторіи, а механическая конструкція большей части изъ нихъ не обходилась безъ моего содѣйствія. Такъ какъ весьма немногіе изъ этихъ приборовъ были до сихъ поръ описаны въ печати, то я это дѣлаю теперь на страницахъ „Физическаго Обозрѣнія", при чемъ начну съ механики.

1) *Приборъ, уясняющій какъ тѣло приходитъ въ движеніе подъ дѣйствіемъ силы.*

Проф. Фанъ-деръ-Флитъ давно уже замѣтилъ, что въ обычномъ элементарномъ изложеніи не выясняется связь между законами равновѣсія и движенія тѣлъ: для учениковъ остается непонятнымъ почему законы равновѣсія силъ, приложенныхъ къ рычагамъ, блокамъ и т. д., могутъ служить и для разсчета силъ, приводящихъ эти машины въ движеніе. Для уясненія этого обстоятельства на опытѣ, я устроилъ слѣдующій дешевый *самозаписывающій динамометръ.*

Возьмемъ обыкновенный пружинный безменъ [1]), имѣющій линейку съ дѣленіями, снабженную прорѣзомъ, въ которомъ перемѣщается указатель. Прорѣзъ этотъ обыкновенно очень мало продолженъ вверхъ (надъ нулевымъ дѣленіемъ линейки) и для нашихъ цѣлей его надо удлинить въ этомъ направленіи миллиметровъ на пять. Вырѣжемъ изъ пробки два кусочка въ видѣ четырегранныхъ призмъ высотою и длиною по 5 mm., а шириною— на 1 mm. больше ширины прорѣза; эти пробки вставимъ въ прорѣзъ безмена: одинъ выше, а другой ниже указателя. Благодаря прямолинейнымъ краямъ прорѣза и пластинки, соединенной

---

[1]) Подобные безмены продаются въ посудныхъ лавкахъ по разнымъ цѣнамъ, начиная съ 10 коп.; обыкновенно это англійскій фабрикатъ съ клеймомъ „Salter" — именемъ изобрѣтателя-фабриканта, который сталъ изготовлять такіе безмены болѣе ста лѣтъ тому назадъ. Солтеръ первый примѣнилъ къ безмену растягивающуюся пружину; до него дѣлали безмены лишь со сжимающимися пружинами, какъ въ игрушечныхъ ружьяхъ; такая пружина легко выгибается и даетъ невѣрные результаты. Любопытно отмѣтить, что въ нѣкоторыхъ учебникахъ до сихъ поръ изображаютъ пружинные безмены стараго устройства.

съ указателемъ, и перемѣщающейся за шкалою, наконецъ благодаря своей упругости, эти пробки плавно движутся передъ указателемъ, и остаются на мѣстѣ, когда указатель отступаетъ. Для большой аудиторіи къ этимъ пробкамъ приклеиваютъ кусочки цвѣтной бумаги, видимые издали.

Опытъ дѣлаютъ такъ: на крючекъ безмена вѣшаютъ гирю фунтовъ въ 5 или 10 и придвигаютъ обѣ пробки вплотную къ указателю; затѣмъ безменъ вмѣстѣ съ висящею на немъ гирею быстро поднимаютъ рукою вверхъ. Послѣ остановки безмена обѣ пробки окажутся раздвинутыми и—при остальныхъ равныхъ условіяхъ—тѣмъ больше раздвинутыми, чѣмъ быстрѣе совершалось поднятіе.

Объяснимъ значеніе опыта. Для сообщенія гирѣ скорости, надо потратить нѣкоторую работу, которая сохраняется въ гирѣ въ видѣ кинетической энергіи. Вслѣдствіе этого сила необходимая для приведенія гири въ движеніе должна быть хоть сколько-нибудь больше той, которая нужна для ея уравновѣшиванія; эта бо́льшая сила и опредѣляется положеніемъ нижней пробки. Когда во время поднятія гири скорость ея перестанетъ возражать, указатель вернется на свое прежнее мѣсто, а затѣмъ—при послѣдующемъ замедленіи движенія руки—перейдетъ его (благодаря обладаемой живой силѣ). Послѣ остановки руки, произойдетъ еще нѣсколько колебаній гири подъ вліяніемъ упругости пружины; но ихъ трудно услѣдить на нашемъ приборѣ, обнаруживающемъ лишь максимальныя перемѣщенія.

Покойный проф. Любимовъ высказывалъ мысль о примѣненіи подобнаго же приспособленія къ замедленному движенію тѣла, падающаго на атвудовой машинѣ, чтобы можно было слѣдить за измѣненіемъ растяженія пружины во время движенія; но приборъ не былъ устроенъ.

Тотъ же безменъ съ пробками можетъ служить для демонстраціи центростремительной силы: надо веревочкою привязать полуфунтовую гирю къ крючку безмена, и вертѣть его какъ пращу. Можно даже провѣрить извѣстную зависимость центростремительной силы отъ радіуса и времени обращенія; регулируя время обращенія по метроному, и считая радіусъ отъ плеча экспериментатора.

2) *Внутреннія силы тѣла не приводятъ его въ движеніе.*

Для этого проф. Фанъ-деръ-Флитъ беретъ винтовую спираль, состоящую изъ пяти оборотовъ стальной проволоки (толщина ко-

торой 3 mm.); длина спирали 10 cm., ея діаметръ 5 cm.; концы проволоки согнуты въ колечки и пригнуты къ оси спирали. Обороты спирали сжимаютъ и перевязываютъ веревочкою, направленною параллельно ея оси; затѣмъ концами спираль подвѣшиваютъ горизонтально на двухъ длинныхъ вертикальныхъ нитяхъ. Если пережечь веревочку, стягивающую пружину, то послѣдняя расправляется, но не приходитъ въ движеніе, не смотря на свою удоброподвижность. Если же одинъ конецъ пружины упирается въ неподвижный предметъ, то она сильно отбрасывается въ сторону при пережиганіи веревочки.

Приборъ можно устроить еще иначе. Вертикальную дощечку подвѣсить на двухъ нитяхъ; стальную пластинку (отъ корсета) со слегка загнутыми концами согнуть въ видѣ буквы U, затянуть ниткою и свободно положить между двумя гвоздиками, вбитыми въ дощечку. При пережиганіи нити сила упругости пружины передается дощечкѣ, но передача эта не сопровождается движеніемъ.

3) *Внутреннія силы системы не приводятъ въ движеніе ея центра инерціи.*

Изъ полудюймовой доски вырѣзываютъ два „тѣла", какія обыкновенно изображаютъ на чертежахъ учебниковъ; для каждаго тѣла эмпирически отыскиваютъ центръ инерціи (если „тѣла" круглыя, то центры инерціи совпадаютъ съ ихъ геометрическими центрами) и въ этомъ мѣстѣ просверливаютъ дырочки; оба тѣла насаживаютъ на общую ось, сдѣланную изъ куска вязальной спицы; концы этой оси укрѣплены въ вилкѣ изъ обручнаго желѣза, имѣющей форму Ω; при чемъ корпусъ буквы просверленъ, а загнутые кверху ея концы удерживаютъ ось на мѣстѣ; вилка подвѣшивается за свою верхнюю часть на двухъ нитяхъ. Къ одному изъ нашихъ тѣлъ укрѣпляется одинъ конецъ стальной пластинки, другой конецъ которой загибаютъ, затягиваютъ ниткою и упираютъ въ гвоздикъ, вколоченный въ другое тѣло. Когда вся система успокоится, нитку пережигаютъ; при этомъ оба нашихъ тѣла начинаютъ быстро вращаться въ разныя стороны, но ось въ вилкѣ остается неподвижною.

Если центры инерціи „тѣлъ" хотя немного смѣщены съ оси вращенія, то подъ конецъ опыта вилка начнетъ слегка качаться.

Практическая физика въ средней школѣ

Ф. И. Ростовцева.

Въ настоящее время всѣми признано, что преподаваніе физики не можетъ достичь удовлетворительныхъ результатовъ, если не сопровождается практическими занятіями учениковъ.

Чисто отвлеченное изученіе физики по учебникамъ — дѣло совершенно немыслимое. Опыты, производимые учителемъ въ классѣ, являются хотя вполнѣ необходимымъ, но далеко недостаточнымъ подспорьемъ. Эти опыты даютъ ученику возможность на самомъ дѣлѣ видѣть изучаемое явленіе, и такимъ образомъ избавляютъ его отъ труда, часто совершенно непосильнаго, воображать себѣ то, чего онъ никогда не видалъ, или на что ранѣе не обращалъ достаточнаго вниманія. Однако эти опыты являются въ то же время для слушателя мало убѣдительными; глядя только издали на производимый другимъ лицомъ опытъ, ученикъ всегда пропуститъ многія важныя подробности, а потому и составитъ объ изучаемомъ явленіи далеко неполное, иногда даже невѣрное представленіе. Надо, чтобы ученикъ не только увидалъ явленіе своими глазами, но такъ сказать и ощупалъ его своими руками. Фарадей признавался, что онъ никогда не могъ ясно представить себѣ опыта, пока только его видѣлъ и пока не воспроизвелъ его самъ. Неужели же отъ нашихъ учениковъ мы въ правѣ требовать большаго, чѣмъ могъ сдѣлать Фарадей? Конечно, нѣтъ. И потому пусть ученики сами дѣлаютъ опыты; только тогда изученіе физики будетъ съ одной стороны полное, а съ другой—плодотворное.

Даже тѣ явленія, которые демонстрировались въ классѣ, должны быть предметомъ практическихъ занятій. Но есть много и такихъ явленій, демонстрированіе которыхъ въ классѣ невозможно по многимъ причинамъ; такъ нѣкоторыя явленія могутъ быть произведены лишь въ маломъ масштабѣ, а потому неудобны для классныхъ демонстрацій; въ подобныхъ случаяхъ практи-

ческія упражненія служатъ единственнымъ средствомъ ознакомить ученика съ явленіемъ.

Практическія занятія начинающихъ должны вестись съ возможно простыми, такъ сказать, схематизированными приборами, чтобы и само явленіе проходило предъ его глазами какъ бы въ схемѣ, отчего оно будетъ нагляднѣе, а потому и лучше усвоится.

Не слѣдуетъ смущаться неточностью получаемыхъ при этомъ результатовъ. Первоначальное изученіе явленій имѣетъ цѣлью лишь грубое приближеніе къ дѣйствительности, дающее возможность обобщеніямъ, безъ коихъ физика перестала бы быть наукою, и обратилась бы въ простое собраніе отдѣльныхъ фактовъ. Можно-ли себѣ представить напр., чтобы Бойль или Маріоттъ пришли къ тому простому закону, которымъ они установили связь между объемомъ и упругостью газа, если бы они пользовались тѣми точными пріемами, съ которыми впослѣдствіи работали Реньо и др.?

Съ другой стороны, грубость приближенія, даваемаго простыми приборами, имѣетъ еще и иное чисто педагогическое значеніе. Начинающій обыкновенно думаетъ, что все дѣло въ точности прибора; такъ, напр., желая опредѣлить массу хотя бы и въ нѣсколько килограммовъ, онъ непремѣнно потребуетъ точныхъ физическихъ вѣсовъ, такъ какъ здѣсь-де можно опредѣлять до долей миллиграмма. Если опытъ ему не удается, онъ относитъ все къ несовершенству и неточности приборовъ, но никакъ ужъ не къ личнымъ своимъ промахамъ. Съ простыми и грубыми приборами ученику наглядно показывается, что это не такъ. Здѣсь, именно благодаря грубости получаемыхъ результатовъ, дается возможность наиболѣе рельефно выдвинуть тѣ основанія, на которыхъ зиждется сужденіе, какъ о достовѣрности, такъ и о пригодности получаемыхъ изъ опыта результатовъ.

Итакъ, нѣтъ никакой нужды гнаться ни за особенно большою точностью, ни за различными тонкостями опыта: первоначальныя практическія работы и должны оставаться первоначальными, т. е. знакомить ученика съ явленіями лишь въ грубомъ приближеніи. Надежды, возлагаемыя на эти работы, оправдаются однако лишь въ томъ случаѣ, когда послѣднія будутъ исполняться учениками вполнѣ сознательно, а не машинально, а потому руководитель обязанъ приложить все свое стараніе на возбужденіе этой сознательности. Онъ не долженъ скупиться на всевозможныя разъясненія, какія только отъ него потребуютъ уче-

ники, никогда не упуская изъ вида, что предъ нимъ ничего еще не знающіе ученики, а потому и часто затрудняющіеся въ пониманіи самыхъ простыхъ вещей. Раздавая ученикамъ задачи, учитель никогда не долженъ упускать изъ виду общее правило „отъ простого къ сложному, отъ легкаго къ трудному". Слѣдуетъ дать возможность ученикамъ прежде всего изучить опытнымъ путемъ подробно данное явленіе и лишь затѣмъ переходить къ разучиванію различныхъ практическихъ примѣненій этого явленія. Такъ, наприм., раньше, чѣмъ давать ученику опредѣленіе плотности тѣлъ гидростатическимъ взвѣшиваніемъ, его слѣдуетъ практически ознакомить съ закономъ гидростатическаго давленія, закономъ Архимеда и т. п. Другими словами, практическія работы должны вестись параллельно преподаванію въ классѣ, чѣмъ будетъ облегчено съ одной стороны пониманіе и усвоеніе разучиваемаго матеріала, а съ другой—будетъ дана возможность наиболѣе легко возбудить въ ученикѣ сознательное отношеніе къ его работѣ въ лабораторіи.

Правда, въ этомъ случаѣ пришлось бы имѣть достаточно большой запасъ одинакихъ приборовъ съ тѣмъ, чтобы одновременно весь классъ могъ продѣлывать одну и ту же задачу; но смущаться этимъ нечего: приборы, какъ сказано выше, должны быть простой конструкціи, а потому и стоятъ недорого; руководитель самъ устроитъ большинство изъ нихъ, да и между учениками всегда найдется нѣсколько человѣкъ, которые съ охотою и умѣніемъ выполнятъ это построеніе, если имъ только дать необходимыя указанія и соотвѣтствующій матеріалъ. Матеріалъ же самъ по себѣ не дорогъ: это—дерево, пробки, стекляныя трубки, сургучъ, проволока и т. п.

Каждый опытъ и каждое измѣреніе должно продѣлывать нѣсколько разъ. Первыя попытки произвести опытъ или измѣреніе надо разсматривать именно какъ только попытки, пробы: они могутъ случайно привести къ удовлетворительному результату, но чаще всего приводятъ къ неудовлетворительному. Надо сначала пріучить себя къ производству опредѣленныхъ операцій и наблюдательности, тогда только и можно будетъ полагаться, что наблюденное соотвѣтствуетъ дѣйствительности, о чемъ именно и будетъ свидѣтельствовать близкое согласіе между собою результатовъ, даваемыхъ отдѣльными опытами. Повторныя измѣренія важны еще и потому, что даютъ возможность при помощи ариѳметической средины уменьшить вліяніе неизбѣжныхъ

случайныхъ ошибокъ. За вѣрные результаты наблюденія должно считать только тѣ, которые по возможности близки между собою, далеко же уклоняющіеся должны быть отброшены совершенно. Полученіе такихъ-то надежныхъ результатовъ и должно служить цѣлью практической работы.

Окончательная стадія рѣшенія задачи состоитъ въ обработкѣ полученныхъ результатовъ и въ составленіи протокола работы. Обработка въ задачахъ качественнаго характера сводится къ краткой формулировкѣ въ видѣ закона полученныхъ результатовъ (напр. „одноименные полюсы отталкиваются, разноименные притягиваются" и т. п.); въ задачахъ же количественнаго характера — дѣло приводится къ вычисленію нѣкоторой величины по другимъ, полученнымъ изъ опыта. Результаты обработки записываются въ табличной формѣ, что и представляетъ окончательный протоколъ работы. Представленіе подобнаго протокола необходимо требовать отъ ученика; такой протоколъ даетъ возможность судить о томъ, насколько ученикъ понялъ предложенную ему задачу, освоился съ ея сущностью и какъ разрѣшилъ ее.

Считаю нелишнимъ сдѣлать здѣсь небольшое примѣчаніе о способахъ вычисленій. Начинающіе придаютъ обыкновенно большое значеніе точности вычисленій, а потому и прибѣгаютъ къ длиннымъ и сложнымъ вычисленіямъ, теряя на ихъ выполненіе совершенно напрасно много времени. Такъ какъ ошибки въ наблюденіи всегда во много разъ превосходятъ ошибки, происходящія отъ сокращенныхъ вычисленій, и послѣднія не оказываютъ никакого вліянія на окончательный результатъ, то и слѣдуетъ пользоваться при вычисленіяхъ исключительно сокращенными методами, напр. пользоваться исключительно четырехзначными логариѳмическими таблицами. Въ окончательныхъ результатахъ начинающіе обыкновенно стараются получить возможно больше цифръ, думая тѣмъ достигнуть бо́льшей точности. Ошибка весьма понятная, но все же ее слѣдуетъ устранить: останавливаться слѣдуетъ на той цифрѣ, на которой начинаются уже разногласія отдѣльныхъ опытовъ.

Всѣ необходимыя вычисленія, а равно и черновой протоколъ работы ведутся въ той же тетради, гдѣ записывался и ходъ опыта. Тетрадь эта передается затѣмъ на просмотръ руководителю. Послѣдній назначаетъ новую задачу ученику лишь послѣ того, какъ убѣдится, что предыдущая выполнена удовлетворительно, въ противоположномъ же случаѣ, указавъ промахи и ошиб-

ки ученика, заставляетъ его еще разъ передѣлать ту же задачу. Такія повторенія будутъ удерживать учениковъ отъ поверхностнаго отношенія къ своей работѣ.

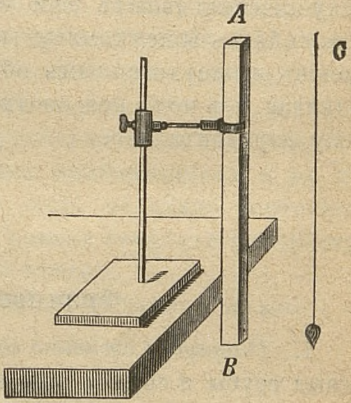
Что касается содержанія и объема приводимыхъ ниже задачъ, то я считаю долгомъ предупредить читателя, что я не имѣлъ намѣренія написать полное руководство—это было бы неумѣстно на страницахъ журнала. Большинство задачъ заимствовано мною изъ иностранныхъ учебниковъ, коимъ теперь нѣсть числа; нѣкоторыя придуманы мною самимъ.

I. Предварительныя задачи.

1) *Установить вертикально данный стержень.*

Приборы. Стержень; штативъ съ зажимомъ; отвѣсъ.

Опытъ. Укрѣпивъ стержень *AB* (фиг. 1) въ штативѣ, помѣщаютъ противъ стержня отвѣсъ *C*. Смотря по направленію, перпендикулярному къ плоскости отвѣса и стержня, наклоняютъ послѣдній въ ту или другую сторону, пока онъ не будетъ всюду равноотстоять отъ отвѣса. Перемѣстивъ глазъ и отвѣсъ на мѣсто другъ друга, вращаютъ зажимъ въ муфтѣ штатива, пока не увидятъ стержень опять всюду равноотстоящимъ отъ отвѣса. Для повѣрки установки повторяютъ первую операцію.



Фиг. 1.

2) *Опредѣлить направленіе, по которому падаетъ тѣло подъ дѣйствіемъ силы тяжести.*

Приборы. Стержень, два штатива съ зажимами, отвѣсъ, тонкая нить и тяжелое тѣло небольшихъ размѣровъ.

Опытъ. Установивъ по предыдущему стержень вертикально, ставятъ вблизи него второй штативъ, къ зажиму котораго привязано на тонкой нити тяжелое тѣло. Когда колебанія тѣла прекратятся, наблюдатель становится такъ, чтобы видѣть тяжелое тѣло покрывающимъ стержень, и осторожно пережигаютъ нить. Во время паденія замѣчаютъ, что тѣло не сходитъ со

стержня. Повторяютъ опытъ, помѣщая тѣло, висящее на нити, съ другой стороны стержня.

3) *Установить данную плоскость горизонтально.*

Приборы. Доска на трехъ винтовыхъ ножкахъ (или тяжелая доска и три деревянныхъ острыхъ клина, служащихъ взамѣнъ ножекъ); цилиндрическій уровень съ пузыркомъ.

Опытъ. Кладутъ на доску уровень параллельно линіи соединенія двухъ какихъ-либо ея ножекъ. Ввинчивая или вывинчивая одну изъ этихъ ножекъ, приводятъ пузырекъ уровня на средину. Затѣмъ уровень повертываютъ на 90° въ плоскости доски и ввинчиваютъ или вывинчиваютъ третью ножку, пока пузырекъ уровня не придетъ опять на средину. Наконецъ провѣряютъ уровень въ первомъ положеніи и, если нужно, поправляютъ одну изъ первыхъ двухъ ножекъ. Ставя уровень по всевозможнымъ направленіямъ, убѣждаются, что плоскость горизонтальна.

Въ случаѣ неимѣнія плоскости съ установочными винтами, прибѣгаютъ къ помощи небольшой, но тяжелой доски. Подъ доску подкладываютъ три клина такъ, чтобы они могли замѣнить собою вышеупомянутые установочные винты. Располагая уровень вышеуказаннымъ образомъ и вдвигая подъ доску или выдвигая изъ-подъ нея соотвѣтственныя клинья, устанавливаютъ доску горизонтально.

(Продолженіе слѣдуетъ).

Физическій кабинетъ.

1. *Резервуаръ сжатаго воздуха.* Для вдуванія воздуха въ органныя трубы и сирену (или въ ящикъ съ клавишами, въ который онѣ вставляются) вмѣсто акустическаго мѣха (дѣйствующаго всегда не ровно, не смотря ни на какіе регуляторы) удобнѣе употреблять большой (литровъ 360) желѣзный резервуаръ съ воздухомъ, сжатымъ до 6 atm. Этотъ резервуаръ соединяютъ широкою каучуковою трубкою или прямо съ акустическими приборами или съ ящикомъ, въ который они вставлены. Звукъ получается совершенно ровный безъ тѣхъ дрожаній, которыя всегда слышны при опытахъ съ мѣхомъ.

Желѣзный резервуаръ съ нагнетательнымъ и разрѣжающимъ насосомъ пріобрѣтенъ у Krause & C° (Berlin SO, Michaelkirchplatz, 24) за 240 мр.
